

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO**

ANDREIA SOLANGE BOS

**INTENSIDADE DA ATENÇÃO DO ESTUDANTE: REGISTROS DE
EEG NO CONTEXTO DE AUDIOVISUAL E MÍDIAS INTERATIVAS**

Porto Alegre
2021

ANDREIA SOLANGE BOS

**INTENSIDADE DA ATENÇÃO DO ESTUDANTE: REGISTROS DE
EEG NO CONTEXTO DE AUDIOVISUAL E MÍDIAS INTERATIVAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para a obtenção do título de Doutor em Informática na Educação.

Orientador: Prof. Dr. Milton Antônio Zaro

Linha de Pesquisa: Paradigmas para a Pesquisa sobre o Ensino Científico e Tecnológico.

Porto Alegre

2021

CIP - Catalogação na Publicação

Bos, Andreia Solange
INTENSIDADE DA ATENÇÃO DO ESTUDANTE: REGISTROS DE
EEG NO CONTEXTO DE AUDIOVISUAL E MÍDIAS INTERATIVAS /
Andreia Solange Bos. -- 2021.
109 f.
Orientador: Milton Antônio Zaro.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares em
Novas Tecnologias na Educação, Programa de
Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto
Alegre, BR-RS, 2021.

1. cérebro neurociência. 2. interface
cérebro-computador neurosky. 3. EEG
Eletroencefalograma. 4. atenção do estudante. 5.
vídeos interativos. I. Zaro, Milton Antônio, orient.
II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

**ATA SOBRE A DEFESA DE TESE DE DOUTORADO
ANDREIA SOLANGE BOS**

Às quatorze horas do dia oito de dezembro de dois mil e vinte e um, no endereço eletrônico <https://mconf.ufrgs.br/webconf/00237380>, conforme a portaria 2291 de 17/03/2020 que suspende todas as atividades presenciais possíveis, nesta Universidade, reuniu-se a Comissão de Avaliação, composta pelas Professoras Doutoradas: Cleci Maraschin, Renata Rosat, Sílvia Bertagnolli para a análise da Defesa de Tese de Doutorado intitulada "**Intensidade da Atenção do Estudante: Registros de EEG no Contexto de Audiovisual e Mídias Interativas**" da doutoranda de Pós – Graduação em Informática na Educação Andreia Solange Bos sob a orientação do Prof. Dr. Milton Antônio Zaro

A Banca, reunida, após a apresentação e arguição, emite o parecer abaixo assinalado.

Considera a Tese Aprovada
() sem alterações;
() sem alterações, com voto de louvor;
(x) e recomenda que sejam efetuadas as reformulações e atendidas as sugestões contidas nos pareceres individuais dos membros da Banca;

[] Considera a Tese Reprovada.

Considerações adicionais (a critério da Banca):

As considerações foram passadas ao orientador e aluna e são sugestões de mudança de alguns textos.

Prof. Dr. Milton Antônio Zaro
Orientador

Obs.: ver parecer anexo assinado pela professora Sílvia Bertagnolli!

(videoconferência)
Prof.ª Dr.ª Cleci Maraschin
PPGIE/ UFRGS

(videoconferência)
Prof.ª Dr.ª Renata Rosat
UFRGS

(videoconferência)
Prof.ª Dr.ª Sílvia Bertagnolli
IFRS

AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre presente, que constantemente coloca no meu caminho pessoas especiais. Aquele que me concede forças para vencer os obstáculos da vida.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul que abre tantos caminhos e ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul por oportunizar minha formação.

Ao Professor Milton pelas orientações, um exemplo de ser humano, que com sua sabedoria tornou-se um mentor em meu processo de formação.

Somos gratos aos professores que fizeram parte de nossa formação acadêmica, em especial aos que compuseram a banca avaliadora.

Muitos trabalhos, aprendizados e desenvolvimento de atividades que nos proporcionaram um grande crescimento pessoal e profissional.

Aos amigos próximos e pessoas que amamos que foram de extrema importância, dando a força e sustentação para seguirmos firmes na caminhada até o final, e que agora vibram com nossa vitória.

Façamos um brinde!

Muito obrigada a todos!

RESUMO

Avanços tecnológicos recentes com técnicas de EEG (eletroencefalogramas), permitem que a atividade elétrica do cérebro seja registrada usando dispositivos acessíveis para usuários finais. Existe um número ainda pequeno de educadores que começaram a utilizar o EEG para mensurar a intensidade da atenção com os conteúdos audiovisuais e multimídias. Através das ferramentas interativas os educadores também ganham novas oportunidades educacionais, tais como as interações, que podem aumentar a motivação dos alunos e transmitir valiosas competências na mídia através do framework do H5P. Neste trabalho apresentou-se um novo conceito baseado em tecnologias de Interface Cérebro-Computador. Hoje, existe na indústria um dispositivo portátil em formato de *headset* que está sendo utilizado como fonte para o diagnóstico e feedbacks de partes indicadoras do cérebro. A ferramenta utilizou um vídeo interativo com o uso de um framework em um desktop exibindo os dados de EEG gravados em tempo real empregando as tecnologias de Interface Cérebro-Computador. No software *Neuroexperimenter* foram demonstrados sinais elétricos e ondas envolvendo uma interação entre o conteúdo abordado no vídeo e os feedbacks do sensor com valores de atenção. Para esse trabalho utilizou-se a plataforma H5P (conteúdo HTML5 interativo) como ferramenta para o reconhecimento do potencial cognitivo, possibilidades lúdicas e interacionais. Essa plataforma potencializa a atenção, sendo parte no processo de ensino aprendizagem. A pesquisa abordou os participantes que foram avaliados em seus processos de atenção através da leitura de EEG. Para a verificação da eficácia do sistema foi utilizado o equipamento de EEG conhecido como *Mindwave Neurosky*, à fim de mensurar os níveis de atenção do participante. O estado atencional de um indivíduo pode ser determinado por meio de parâmetros fisiológicos, uma métrica importante que pode ser extraída é a classificação da atenção. Com o uso da tecnologia *Neuroexperimenter*, o estudo mostrou que o estado de atenção do estudante é evidenciado através da intensidade elétrica com oscilações neuronais e trouxe os resultados através de dados brutos, buscando os estados de atenção efetivos e não efetivos. Os resultados do estudo foram bem-sucedidos e corroboram a afirmação que o algoritmo de atenção do dispositivo EEG de fato representa a atenção do participante. Esta Tese propôs uma abordagem de validade usando as descobertas da neurociência em relação as métricas fisiológicas de atenção. Esta abordagem foi demonstrada com o dispositivo EEG vestível *Mindwave*. Com base nos resultados entre as bandas de frequências e os valores de atenção calculados pelo dispositivo, pode-se observar que houve oscilações evidenciadas no estado e processo de atenção.

Palavras-chave: Cérebro; Interface cérebro-computador; EEG; Eletroencefalograma; Atenção do estudante; Vídeos interativos.

Student Attention Intensity: EEG Records in the Context of Audiovisual and Interactive Media

ABSTRACT

Recent technological advances with EEG (electroencephalogram) techniques allow the electrical activity of the brain to be recorded using devices accessible to end users. There is still a small number of educators who have started to use the EEG to measure the intensity of attention with audiovisual and multimedia contents. Through interactive tools, educators also gain new educational opportunities, such as interactions, which can increase student motivation and convey valuable media skills through the framework. This work presents a new concept based on brain-computer interface technologies. Today, there is a handheld device in the industry in the form of a headset that is being used as a source for diagnosis and feedback from the indicating parts of the brain. The tool uses an interactive video with the use of a framework on a desktop displaying EEG data recorded in real time using Computer Interface technologies. The Neuroexperimenter software will demonstrate electrical signals and waves involving an interaction between the content covered in the video and sensor feedbacks with attention values. For this work, the H5P platform (interactive HTML5 content) is used as a tool for the recognition of cognitive potential, playful and interactional possibilities. This platform enhances attention, being part of the teaching-learning process. The research addresses the participants who will be evaluated in their attention processes through EEG reading. To verify the effectiveness of the system, the EEG equipment known as Mindwave Neurosky will be used, in order to measure the participant's attention levels. The attentional state of an individual can be determined through physiological parameters, an important metric that can be extracted is the attention classification. With the use of Neuroexperimenter technology, the study showed that the student's states of attention are evidenced through electrical intensity with neuronal oscillations and brought the results through raw data, seeking effective and non-effective states of attention. The results of the study were successful and support the assertion that the attention algorithm of the EEG device in fact represents the participant's attention. This thesis proposed a validity approach using the findings of neuroscience in relation to physiological metrics of attention. This approach was demonstrated with the Mindwave Mobile wearable EEG device. Based on the results between the frequency bands and the attention values calculated by the device, it can be concluded that there were evidenced oscillations in the states and processes of attention.

Keywords: brain; brain-computer interface; EEG; Electroencephalogram; student attention-interactive videos.

RESUMEN

Los recientes avances tecnológicos con las técnicas de EEG (electroencefalogramas) permiten registrar la actividad eléctrica del cerebro utilizando dispositivos accesibles para los usuarios finales. Aún existe un reducido número de educadores que han comenzado a utilizar el EEG para medir la intensidad de la atención con contenidos audiovisuales y multimedia. A través de herramientas interactivas, los educadores también obtienen nuevas oportunidades educativas, como interacciones, que pueden aumentar la motivación de los estudiantes e impartir valiosas habilidades de medios a través del marco H5P. En este trabajo se presentó un nuevo concepto basado en tecnologías de Interfaz Cerebro-Computadora. Hoy en día, existe un dispositivo de mano en la industria en forma de auriculares que se utiliza como fuente de diagnóstico y retroalimentación de las partes indicadoras del cerebro. La herramienta utilizó un video interactivo usando un marco en un escritorio que muestra los datos de EEG registrados en tiempo real empleando tecnologías de interfaz cerebro-computadora. En el software Neuroexperimenter se demostraron señales eléctricas y ondas que implican una interacción entre el contenido cubierto en el video y las retroalimentaciones del sensor con valores de atención. Para este trabajo se utilizó la plataforma H5P (contenido interactivo HTML5) como herramienta para el reconocimiento del potencial cognitivo, las posibilidades lúdicas e interactivas. Esta plataforma potencia la atención, siendo parte del proceso de enseñanza-aprendizaje. La investigación se acercó a los participantes que fueron evaluados en sus procesos de atención a través de la lectura de EEG. Para verificar la efectividad del sistema, se utilizó el equipo de EEG conocido como Mindwave Neurosky, con el fin de medir los niveles de atención del participante. El estado de atención de un individuo se puede determinar a través de parámetros fisiológicos, una métrica importante que se puede extraer es la clasificación de la atención. Con el uso de la tecnología Neuroexperimenter, el estudio mostró que el estado de atención del estudiante se evidencia a través de la intensidad eléctrica con oscilaciones neuronales y trajo los resultados a través de datos brutos, buscando estados de atención efectivos e ineficaces. Los resultados del estudio fueron exitosos y respaldan la afirmación de que el algoritmo de atención del dispositivo EEG representa de hecho la atención del participante. Esta tesis propuso un enfoque de validez utilizando los hallazgos de la neurociencia en relación con las métricas fisiológicas de la atención. Este enfoque se ha demostrado con el dispositivo EEG portátil Mindwave. Con base en los resultados entre las bandas de frecuencia y los valores de atención calculados por el dispositivo, se puede observar que se evidenciaron oscilaciones en el estado y proceso de atención.

Palabras clave: Cerebro; Interfaz cerebro-computadora; EEG; Electroencefalograma; Atención al alumno; Videos interactivos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo cognitivo da aprendizagem multimídia de Richard Mayer.....	22
Figura 2: Características e funcionalidades do H5P	26
Figura 3: Interface do framework	27
Figura 4: Integração das áreas.....	29
Figura 5: Arquitetura da pesquisa	33
Figura 6: Modelo do Sensor.....	39
Figura 7: Mindwave mobile 2 ilustrações.....	40
Figura 8: Ondas Cerebrais.....	42
Figura 9: Representação dos níveis de atenção fornecida pelo sistema.....	46
Figura 10: Representação dos níveis de ondas	47
Figura 11: Ciclo das Tecnologias Emergentes.....	53
Figura 12: Estratégias inteligentes para o uso em habilidades na Educação.....	54
Figura 13: Edição do conteúdo com upload.....	58
Figura 14: Fluxograma do processo de conexão.....	59
Figura 15: Website do projeto.....	60
Figura 16: Website da pesquisa.....	61
Figura 17: Diagrama do estudo.....	63
Figura 18: Estado de atenção durante o uso da leitura.....	64
Figura 19: Estado de atenção durante o uso da sessão com o vídeo.....	65
Figura 20: Participantes do estudo.....	66
Figura 21: Participantes do estudo com o uso da mídia interativa.....	67
Figura 22: Níveis de atenção dos participantes durante o uso das tecnologias	69
Figura 23: Níveis de atenção dos participantes.....	70
Figura 24: Desempenho da atividade cerebral.....	72
Figura 25: Estudo A da onda cerebral.....	75
Figura 26: Estudo B da onda cerebral.....	76
Figura 27: Estudantes durante o experimento.....	76
Figura 28: Aplicação do neuroexperimenter.....	81
Figura 29: Fluxograma do processo de captura dos sinais.....	82
Figura 30: Sistema de coleta de dados.....	84
Figura 31: Dados coletados dos estudantes	85
Figura 32: Experimento com os estudantes.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Sinopse geral das frequências do cérebro.....	41
Tabela 2: Especificações do Mindwave Neurosky	44
Tabela 3: Tabela comparativa das tecnologias envolvidas	52
Tabela 4: Dados coletados como resultado para o pesquisador.....	77
Tabela 5: Dados coletados das bandas de EEG	79
Tabela 6: Dados coletados como resultado para o pesquisador.....	89
Tabela 7: Dados coletados como resultado para o pesquisador.....	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EEG – Eletroencefalografia

NEUROSKEY – Dispositivo sensor para captação de ondas cerebrais

HTML – HyperText Markup Language

H5P – Framework para uso em browser na web

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa	17
1.2 Objetivo Geral	17
1.3 Objetivos Específicos	18
1.4 Problema Central	18
1.5 Hipóteses	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 Teoria cognitiva da aprendizagem Multimídia	20
2.2 Vídeos Interativos	23
2.2.1 Plataforma H5P	25
2.3 O cérebro e a Neuroeducação	29
2.3.1 Fisiologia do cérebro	30
2.3.2 Estimulação elétrica do cérebro	33
2.3.3 Estado de Atenção	34
2.4 Mindwave Neurosky	38
2.4.4 Aplicativo Effective Learner	45
2.4.5 Sistema Neuro Experimenter	45
3 TRABALHOS RELACIONADOS	47
3.1 Neurosky para investigar as influências da atenção visual	48
3.2 Neurosky em um contexto de leitura móvel	48
3.3 EEG para avaliar a atenção sustentada no contexto de leitura na web	49
3.4 EEG adotado para investigar a eficácia das aplicações de reconhecimento de fala em texto.	49
3.5 Medição da concentração de crianças enquanto liam livros ilustrados em quatro formas de mídia.	50
3.6 Relação da atenção e nível de meditação com aprendizagem de engenharia.	50
3.7 Navegador na web sensível ao usuário através do sensor neurosky.	50
3.8 A utilização do socrative app para potencial a atenção	51
3.9 Diferencial da pesquisa	51
4 METODOLOGIA	52
4.1 Caracterização da pesquisa	55
4.2 Sujeitos da Pesquisa	56
4.3 Procedimentos	56

4.3.1 Etapa 1	57
4.3.2 Projeto de desenvolvimento do website	60
5 RESULTADOS	61
5.1 Dados do Estudo 1	64
5.2 Dados do Estudo 2	63
5.3 Dados do Estudo 3	72
5.4 Dados do Estudo 4	72
5.5 Dados do Estudo 5	74
5.6 Dados do Estudo 6	82
6 RESULTADOS FINAIS	88
7 CONSIDERAÇÕES	94
REFERÊNCIAS	97
APÊNDICE A- Publicações durante o estudo	104
APÊNDICE B- Figuras em melhor definição	106

INTRODUÇÃO

Atualmente, o uso da tecnologia digital tem ocorrido em todos os aspectos da vida em várias faixas etárias. O rápido desenvolvimento também criou novos desafios para os sistemas convencionais de educação. A tecnologia digital também mudou a tendência dos alunos de aprender. A qualidade dos vídeos está aumentando, então os educadores precisam pensar em novas formas de se destacar. Uma possibilidade é incluir componentes interativos tais como recursos educacionais como o H5P e outros.

Segundo Lehner (2014), os usuários da internet estão acostumados com as interações; eles não querem assistir a vídeos tradicionais longos e preferem recursos interativos dentro de um vídeo e serem desafiados ao assistir. Através das ferramentas interativas os educadores também ganham novas oportunidades educacionais, por exemplo as interações podem aumentar a motivação dos alunos e transmitir valiosas competências na mídia através da plataforma.

A quantidade de informações apresentadas aos estudantes pode ser enorme; diferentes formas de dados são apresentadas usando quantidades de texto, cores e formas. No entanto, é importante saber que os estudantes só podem processar um número limitado de informações simultaneamente (SHIFFRIN, GARDNER, 1972) e, devido a isso, na maioria dos casos ocorrem os filtros de seleção (MORAN, 1985). Heinze et al. (1994) explicam que um mecanismo conhecido como atenção seletiva é a parte mais importante na aprendizagem humana. Como consequência, fica claro que gerenciar e apoiar essa atenção aumenta o desempenho comportamental e neuronal (EBNER et al., 2013; POSNER et al, 2019)).

É importante ressaltar que a natureza de um vídeo é de apreciação. Isso proporciona que a interação, assim como a comunicação possam ser consideradas como fatores principais na influência do sucesso da aprendizagem, porque transformam os observadores passivos em aprendizes ativos. Diante disso, é importante proporcionar diferentes formas de interação durante um vídeo, bem como, fornece formatos e possibilidades de comunicação. O vídeo interativo é amplamente utilizado como um formato de mídia eficaz não apenas para a comunicação pessoal, mas também como aplicativos potenciais em escolas e universidades. É mais atraente do que os outros tipos de mídias, como textos e gráficos, por exemplo.

O conteúdo de um vídeo interativo pode ser muito rico e fazer uma transmissão eficazmente fácil com imagem, movimento, som e texto, todos apresentados em tempo real e de maneira sincronizada. Os formatos multimídias estão cada vez mais acessíveis devido à rápida expansão da conectividade com a internet e o crescente interesse em aplicativos on-line. O conteúdo de vídeos foi impulsionado à luz dos avanços do aumento das capacidades da banda

larga, diminuindo o custo da aquisição e dos dispositivos de armazenamento. Hoje muitos provedores de conteúdo como o Google vídeo e o Yahoo, (2021), criaram mercados abertos que permitem aos consumidores ter acesso a uma ampla gama de conteúdo de vídeo.

O presente estudo se propõe a mensurar a atenção do estudante através do mapeamento cerebral com o uso de vídeos interativos e cuja a intenção é de usar análises através de ondas cerebrais, com a Interface Cérebro-Computador como um recurso adicional na investigação proposta.

As interfaces cérebro-computador baseadas no eletroencefalograma (EEG) representam tecnologias de comunicação amplamente estudadas (FARWELL e DONCHIN, (1988); KLEIH et al., (2011); MAK et al., (2011); WOLPAW e WOLPAW, (2012); POSNER et al, 2019)).

Uma Interface-Cérebro-Computador pode ser definida como um circuito fechado, composto por seis etapas principais: medição da atividade cerebral, pré-processamento, extração de características, classificação, tradução em um comando e presença de feedback dentro do experimento (LOTTE et al., 2015). Uma Interface-Cérebro-Computador estabelece uma interação funcional direta entre um cérebro humano ou animal e um dispositivo externo.

A tecnologia de medir a atenção é uma modalidade a qual os sensores são colocados na testa do usuário para capturar a atividade elétrica do cérebro. Os sensores capturam os sinais e retornam as informações através de dados. É possível mensurar as bandas das frequências cerebrais e o potencial evocado. A tecnologia desenvolvida em meados do século XX se mostra como uma maneira simples, mas eficaz, de regular as características fisiológicas como a atividade elétrica do cérebro humano. Esta tecnologia permite que uma pessoa interaja com o mundo exterior com base no registro da atividade elétrica do cérebro, o EEG. O desejo de uma pessoa de executar alguma ação é refletido nas alterações de EEG.

Existem inúmeros avanços recentes no desenvolvimento e implementação de aplicativos de Interface-Cérebro-Computador, impulsionados por conquistas tecnológicas e científicas, bem como por demandas sociais, educacionais e comerciais. Avanços tecnológicos recentes permitem o mapeamento cerebral com processamento de dados on-line a partir de dispositivos multicanais como o EEG (por exemplo, o Mindwave Neurosky¹ e o Emotiv EPOC²).

Sistemas de EEG são alternativas viáveis para o mapeamento da intensidade da atividade cerebral, pois estes têm a capacidade de medir ondas cerebrais referente a atenção do

¹ Mindwave Neurosky: Sensor de medição da atenção com fins educacionais com 2 canais para leitura e análise de sinais cerebrais

² Emotiv EPOC +; Sensor de medição com 14 canais para registros de frequências cerebrais

estudante. O sistema poderá ser utilizado de forma não invasiva e é, portanto, um meio de fácil acesso aos pesquisadores.

A proliferação desses dispositivos foi acelerada pela capacidade de seu uso em neurociências e por gerar esquemas e aplicações com a interface do sistema. Um software de processamento para extrair características e classificar padrões neuronais, um sistema que transfere comandos para um dispositivo externo, e assim gerando dados ao usuário, o que contribuí com a neuroeducação e seus processos. Adicionalmente, pode ser um importante mecanismo para fortalecer os processos de aprendizagem, pois permite trabalhar com dados de aferição sobre diferentes questões do sistema nervoso - braço do estudo que nos auxilia a entender como se aprende e como desenvolver possibilidades para aprimorar os vínculos educacionais. Ajudando ainda a conhecer melhor os estudantes a partir de informações centradas no aluno, tornando possível verificar os processos de ensino e aprendizagem mais eficientes.

Entre o processo de preparação da aula e aquisição do conhecimento pelo estudante, muitos processos ocorrem. Segundo à neurociência, o raciocínio, estrutura biológica, estímulos e motivação, emoção, amadurecimento biológico, neuroplasticidade e explosão contínua são aspectos determinantes para o aprendizado. Os estudantes querem aulas mais interativas e mais curtas para aprender melhor; dizem que aprendem mais quando são aulas mais curtas e dinâmicas e as matérias passadas num ambiente interativo (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2008).

Com um volume limitado de recursos atencionais e um número crescente de aplicações que disputam a atenção do estudante, está se vivendo uma tensão cognitiva, muita infociação para determinada tarefa e usando todos os recursos mentais (BEAR et al, 2007).

Para Sibília (2016), o estudante opta por mesclar uma variedade de características e ao mesmo tempo, habitam espaços virtuais, criando suas narrativas. Conforme argumenta Sibília (2016, p.98), alguns especialistas do século XIX alertavam contra o “excesso de estímulo” na visualização de algumas mídias ou ainda “afetar órgão internos”, num exemplo em que ler na cama “forçaria os olhos, e debilitaria o cérebro e o intelecto”. O que para Sibília significa que no percurso da modernidade para a pós modernidade, houve um emergir com os avanços na direção da visibilidade, isso nos revela a construção do que somos e do que aprendemos a ser (SIBÍLIA, 2016). Novos fenômenos são vistos nos espaços virtuais, prática da visibilidade, nos vídeos, web, nas telas e em diversas mídias. Segundo Sibília (2016 p. 149), na contemporaneidade são valorizadas as vivências mais rápidas, sem aprofundação, uma tendência da velocidade e fluidez. O interesse por vídeos mais curtos, mensagens mais rápidas dando sentido as práticas de conectividade e comunicação instantânea.

Pesquisadores têm trabalhado para entender melhor por que isso acontece, tentando descobrir esses mecanismos cerebrais de atenção e divagação. Os estudos geralmente se baseiam em autorrelatos. A Universidade de Harvard³ está estudando outros processos relacionados que podem ajudar a descobrir os mecanismos de divagação na mente, processos que os pesquisadores chamam de flutuações de atenção. Sabe-se ainda muito pouco sobre as flutuações da atenção do ponto de vista da Neurociência, não se entende completamente a dinâmica que ocorre. É apenas evidenciado que ocorrem alguns padrões de atividade neural, algumas mais relevantes para as mudanças de atenção contínua.

Para abordar esses fatores que influenciam o desempenho, foram utilizadas uma plataforma de vídeos interativos do H5P. Ela oferece a possibilidade de desenvolver um vídeo com diferentes formas de interação e podem ser distribuídas uniformemente durante as narrativas no vídeo. Em complemento, foram realizadas a mensuração da atenção do estudante através do mapeamento cerebral com o uso do dispositivo Neurosky e a utilização de um sistema com a interface de coleta de biosinais usando o effective learner⁴ e o Neuroexperimenter⁵.

³ Universidade de Harvard: <https://online.hbs.edu/>

⁴ Effective learner: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.neurosky.hafiz&hl=en_US&gl=US

⁵ Neuroexperimenter: <https://store.neurosky.com/products/neuroexperimenter>

1.1 Justificativa

O uso de mídias pelos alunos e a necessidade de utilizar recursos interativos para potencializar o estado de atenção. A necessidade de identificar como um sistema de EEG aponta níveis de atenção do estudante com o uso da mídia proposta.

Existe um número ainda pequeno de educadores que começaram a utilizar o EEG para mensurar a interação da atenção com audiovisual e conteúdos multimídias. A proposta desta Tese demonstra a forma de avaliar a atenção em estudantes durante o uso de mídias interativas.

Para execução desta pesquisa o sistema EEG escolhido foi o Mindwave Neurosky. O *Headset* é usado com eletrodos de metal que registram ondas cerebrais elétricas no lóbulo frontal do estudante, com uma frequência de 100Hz (100 amostras por segundo). O sinal é transmitido por uma conexão sem fio, para um computador. A unidade de processamento manipula a parte do processo do sinal e calcula os sinais de controle, que serão usados para direcionar o conteúdo multimídia. Se o sistema for usado com um estudante, a atividade elétrica cerebral pode ser toda registrada no sistema. O sistema também possibilita visualizar as interações e animações com computação gráfica através da atividade de intensidade do cérebro; visualização de um ritmo cerebral associado a entrada visual e a atenção.

Segundo Gartner (2018), as tendências em termos de tecnologias emergentes estarão ao alcance do educador a médio e longo prazo. No contexto educacional é possível citar o Brain Computer Interface que aponta como uma tecnologia emergente.

1.2 Objetivo Geral

Investigar o Estado de Atenção do estudante com o uso de um sistema capaz de apresentar o nível de atenção nos processos de ensino na perspectiva da aprendizagem Multimídia.

1.3 Objetivos Específicos

- Compreender como ocorre o processo de atenção do estudante;
- Identificar o estado de atenção do estudante envolvido com a aprendizagem multimídia;
- Mensurar a intensidade do estado atencional do estudante, dedicada durante apreciação do conteúdo do vídeo interativo;

1.4 Problema Central

Para desenvolver a investigação proposta, tem-se como ideia principal responder ao seguinte problema de pesquisa: Como a utilização de um sistema de Interface Cérebro-Computador pode estabelecer a forma de mensurar o estado de atenção do estudante?

1.5 Hipóteses

Hipótese 1

Os participantes que estudam com a abordagem promovida a partir do conhecimento baseado em mídias interativas demonstram melhor atenção do que aqueles que estudam com a abordagem convencional.

Hipótese 2

Os professores consideram como positivo o uso do sensor baseado no sinal de ondas cerebrais na aprendizagem centrada no aluno.

Hipótese 3

Quando os alunos usaram as mídias interativas, qual caso tem o maior valor de atenção do aluno?

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Teoria cognitiva da aprendizagem Multimídia

A teoria cognitiva da aprendizagem multimídia foi popularizada pelo trabalho de Richard E. Mayer que argumenta que a multimídia apoia a maneira como o cérebro humano aprende (MAYER, 2009).

O “princípio multimídia” diz que “as pessoas aprendem mais profundamente a partir de palavras e imagens, do que palavras sozinhas” (MAYER, 2001 p. 47). No entanto, simplesmente adicionar palavras as imagens não é a maneira mais eficaz de alcançar o aprendizado multimídia. O objetivo é a mídia interativa e o processo de como a mente humana funciona. Esta é a base para a teoria cognitiva de aprendizagem multimídia de Mayer. A teoria cognitiva de aprendizagem multimídia cita três pressupostos principais.

- Existem dois canais separados no sistema nervoso central, o auditivo e o visual para processar a informação. Há uma capacidade limitada no canal, e nesse processo existe uma filtragem, seleção, organização e integração de informações, referindo-se a dual - coding (MAYER, 2001).
- Cada canal tem uma capacidade limitada (finita) (semelhante à noção de carga cognitiva de Sweller 2003);
- A aprendizagem é um processo ativo de filtragem, seleção, organização e integração de informações com base em conhecimento prévio.

Os seres humanos só podem processar uma quantidade finita de informação em um canal por vez, e eles dão sentido às informações recebidas criando ativamente representações mentais. Mayer, também discute o papel de três armazenamentos de memória: sensorial (que recebe estímulos e armazena por um tempo muito curto), trabalho (onde processamos informações ativamente para criar construções mentais (ou 'esquema') e de longo prazo (o repositório).

A teoria cognitiva de Mayer, apresenta a ideia sobre a aprendizagem multimídia, de que o cérebro não interpreta uma apresentação multimídia de palavras, imagens e informações auditivas de forma mutuamente exclusiva, mas esses elementos são selecionados e organizados dinamicamente para produzir a lógica e construtos mentais (MAYER, 2009).

As palavras podem ser ditas ou escritas, e as imagens podem ser qualquer forma de imagens gráficas, incluindo ilustrações, fotos, animações e vídeos. O design instrucional multimídia busca usar a pesquisa cognitiva para combinar palavras e imagens de maneira a

maximizar a eficácia da aprendizagem. A base teórica para a teoria cognitiva da aprendizagem multimídia baseia-se em várias teorias cognitivas, incluindo a memória de trabalho de Baddeley (2002), a teoria de codificação dual de Paivio (1986) e a teoria da carga cognitiva de Sweller (2003).

O modelo de processamento da informação sugere várias informações (memórias) que são governadas por processos que convertem estímulos em informação (MOORE, BURTON e MYERS, 2004). A ciência cognitiva estuda a natureza do cérebro e como ele aprende ao extrair da pesquisa um número incluindo psicologia, neurociência, inteligência artificial, ciência da computação, filosofia e a biologia (POSNER et al, 2019).

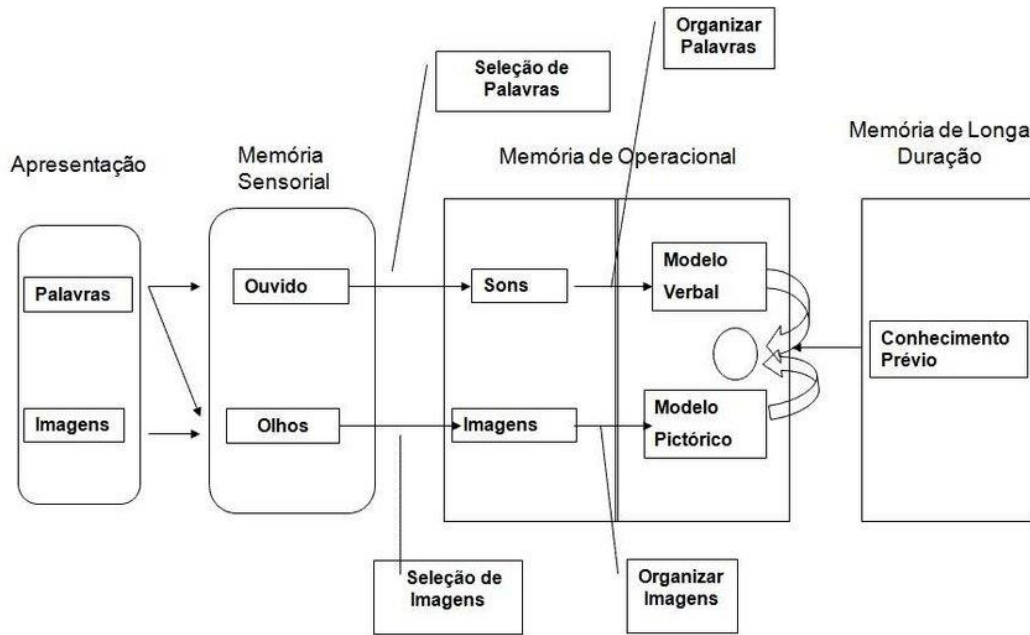
A ciência cognitiva pode fornecer insights poderosos sobre a natureza humana e, mais importante, o potencial humano de desenvolver métodos mais eficientes usando tecnologia instrucional (SORDEN, 2005).

A teoria cognitiva da aprendizagem multimídia está centrada na ideia de que os alunos tentam construir conexões significativas entre palavras e imagens, e que aprendem mais profundamente (MAYER, 2009).

De acordo com Sweller, Van Merriënboer e Paas (1998), existem três tipos de carga cognitiva: **intrínseca, externa e relevante**. A carga cognitiva intrínseca ocorre durante a interação entre a natureza do material sendo aprendido e a experiência do aprendiz. O segundo tipo, carga cognitiva externa, é causado por fatores que não são centrais para o material a ser aprendido, como métodos de apresentação ou atividades que dividem a atenção entre múltiplas fontes de informação, e devem ser minimizadas o máximo possível. O terceiro tipo de carga cognitiva, carga cognitiva relevante, aumenta o aprendizado e resulta em recursos de tarefas dedicados à aquisição e automação de esquemas. A carga cognitiva intrínseca não pode ser manipulada, mas a carga cognitiva externa e relevante podem.

A Figura 1 apresenta um modelo cognitivo da aprendizagem multimídia que permite ilustrar o sistema humano de processamento da informação. As caixas representam os “armazéns” de memória: memória sensorial, memória de trabalho e memória de longo prazo.

Figura 1 Modelo cognitivo da aprendizagem multimídia de Richard Mayer



Fonte: Adaptado de Mayer, 2009.

A Figura 1 representa o processamento cognitivo como setas: seleção, que transfere algumas das imagens e sons recebidos na memória de trabalho para processamento adicional; organizando as imagens em um modelo pictórico e as palavras em um modelo verbal no trabalho da memória e a integração, que conecta os modelos entre si e com conhecimento relevante ativado a partir da memória de longo prazo. Uma mensagem multimídia entra no sistema cognitivo através dos olhos e ouvidos do aprendiz. A linha superior representa o canal verbal (no qual palavras faladas e sons entram) e a linha inferior representa o canal visual (em que gráficos e palavras impressas entram). A seguir será abordado a plataforma H5P⁶.

A plataforma H5P utilizada com a interação nos vídeos para o processo de ensino-aprendizagem é composta por imagens em movimento, texto e som, seguindo o modelo cognitivo da aprendizagem multimídia proposto por Richard Mayer, e que permite ao aluno observar o efeito da interação com o conteúdo multimídia.

⁶ Plataforma H5P: O H5P facilita a criação de conteúdo interativo, fornecendo uma variedade de tipos de materiais para várias necessidades do professor.

2.2 Vídeos Interativos

O vídeo interativo é a forma digitalmente potencializada da sequência do vídeo original, permitindo aos usuários formas atraentes, capacidade de interatividade e possibilidades de navegação (H5P,2021). Tradicionalmente os vídeos convencionais são consumidos manualmente em seu formato original. O processamento manual, o *maker* gera bastante custo, consome tempo e é muitas vezes subjetivo. Um arquivo de vídeo fornecido em um formato padrão, como o MPEG-1 ou MPEG-2 (Moving Picture Experts Group), esse formato é definido pelo ISO para padronizar a compreensão e transmissão e é reproduzido usando *players* de mídia com recursos de interação de controle, como *play*, avanço, voltar e pausa.

Soluções inovadoras de processamento de vídeo e gerenciamento de conteúdo estão sendo criadas para trabalhar a indexação e a navegação com novas formas de interação com o conteúdo. O processamento traz opções de interatividade que oferece aos usuários a autonomia avançada de possibilidades de navegação (BOS & ZARO, 2020).

Pode-se percorrer de forma não linear, navegando e visualizando. O que não chama a atenção numa primeira visualização pode ser revisado. Pode-se manter apenas as informações essenciais de uma sequência de vídeo e conteúdo com a parte mais representativa e destacada para melhor interpretação do conteúdo abordado, e assimilando o ensino e aprendizagem através do tempo de visualização (ZHONGLING PI et al, 2021).

No âmbito da tecnologia emergente de vídeo interativo, padrões MPEG-4 e MPEG-7, existem os provedores de conteúdo e os consumidores provedores de conteúdo. Com recursos avançados de edição, reprodução, pesquisa e navegação de áudio e vídeo.

Mas afinal, o que é um vídeo interativo, vídeo *maker*? Para facilitar a compreensão dos ambientes de vídeos interativos, é preciso rever como as pessoas estão acostumadas a visualizar e interagir com o conteúdo do vídeo. Os antigos videocassetes ofereciam opções básicas de controle, tais como: reproduzir, voltar, parar, avançar, voltar rapidamente e transmitir imagens em câmera lenta. O vídeo era visto principalmente de forma passiva, onde a interação do usuário com o conteúdo era limitada. Assim, a visualização do vídeo era realizada de forma linear, onde a maneira de descobrir o que vinha em sequência era a narração e o percorrer do vídeo guiado por minutos e segundos. Essas técnicas convencionais parecem ineficientes para a visualização. Hoje existe a facilidade em que pode ser melhorada através de: uma síntese visual representativa do documento em vídeo antes de fazer download, armazená-lo e assisti-lo. É possível selecionar o vídeo com base nos segundos; uma lista de entradas visuais, pontos de acesso, cenas e

destaques; uma lista de opções de navegação que permite aos usuários seguir links internos e externos entre os itens relacionados no mesmo conteúdo da mídia (H5P, 2021).

O vídeo interativo refere-se a formas incomuns de documentos de vídeo que aceitam e respondem a entrada de um usuário, além dos recursos interativos convencionais como reproduzir e pausar. O vídeo com interação permite que os usuários pausem o vídeo de uma maneira não-linear muito eficiente com opções como “seguir para próxima”, “voltar a anterior” e “voltar ao início”.

A definição de vídeo interativo poderia ser o que tenha possibilidades de navegação e feedback. Este conteúdo em vídeo pode ser complexo e rico em termos de objetos, cenas, eventos, quadros, sons, narração e imagens em movimento. Um vídeo original, no formato MPEG-1 é transformado em vídeo interativo através de uma série de fases de reestruturação de seu conteúdo. O vídeo original e o vídeo interativo contêm as mesmas informações com uma grande diferença na estrutura do documento. O vídeo original tem uma estrutura subentendida, enquanto a forma interativa é nitidamente mais visual. Em uma estrutura visual, os pontos de acesso e elementos chave são enfatizados e os links entre os elementos são elaborados.

O documento de vídeo interativo contém não apenas o vídeo bruto, mas também inclui vários tipos de dados em uma sincronização de tempo. Esses dados são adicionados por motivos de aprimoramento e para tornar a apresentação de vídeo independente. O tipo de dado é determinado pelo autor do vídeo interativo. Este autor integraria eficazmente a técnica do produtor de vídeo e a sabedoria e habilidade do professor. O objetivo sempre é maximizar os propósitos com as principais informações no vídeo. Dados adicionais podem ser infográficos, HTML, som, quadros estáticos ou sequência de imagens que estão disponíveis localmente ou remotamente na web (H5P,2021). Esses tipos de vídeos interativos também são conhecidos como hiper filme, hiper vídeo ou hipermídia (T. CHAMBEL, 2005).

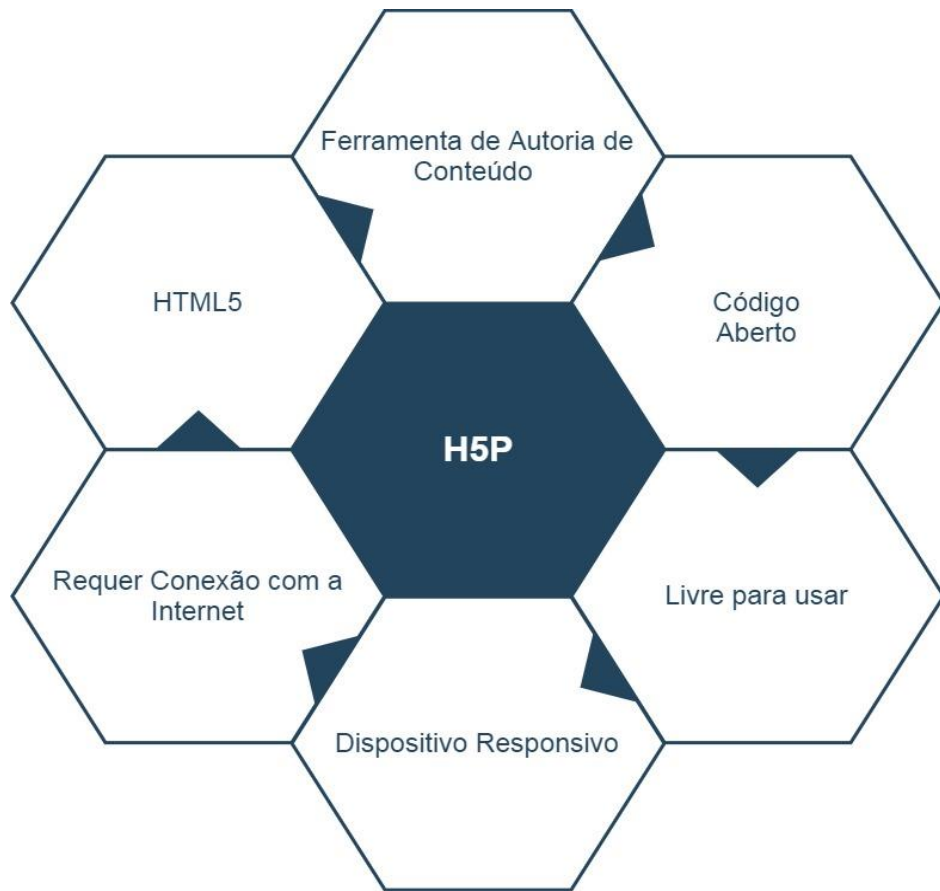
2.2.1 Plataforma H5P

A ferramenta H5P pode ser usada como um plugin LMS (Learning Management System), instalado no ambiente Moodle, WordPress, Drupal ou integrá-lo com Canvas, Brightspace, Blackboard e muitos outros ou ainda pode ser acessada no navegador de internet no site oficial (H5P, 2021). O H5P facilita a criação de conteúdo interativo, fornecendo uma variedade de tipos de materiais para várias necessidades. É possível criar conteúdo interativo adicionando o plugin H5P a seu site ao acessar o endereço o usuário visualiza a Figura 3, que é a tela onde se pode fazer o login do H5P, mas para tanto, é necessário que o usuário tenha uma conta de acesso.

Os vídeos podem ser enriquecidos com interatividades, como explicações, imagens extras, tabelas, preenchimento do espaço em branco e perguntas de múltipla escolha. As perguntas do questionário oferecem suporte à adaptabilidade, o que significa que se pode pular para outra parte do vídeo com base na entrada do usuário e resumos interativos podem ser adicionados ao final do vídeo.

Os seguintes tipos de conteúdo do H5P podem ser adicionados ao vídeo: Questões de múltipla escolha com uma ou mais respostas corretas; Perguntas em texto livre; Preencha as perguntas em branco; Arraste e solte as perguntas; Resumos Interativos; Conjuntos de perguntas de escolha única; Marque a palavra; Atividades; Arraste e solte o texto; Imagens; Tabelas; Rótulos; Textos e Links (H5P, 2021). Na figura 2 são mostradas as características e funcionalidades do H5P.

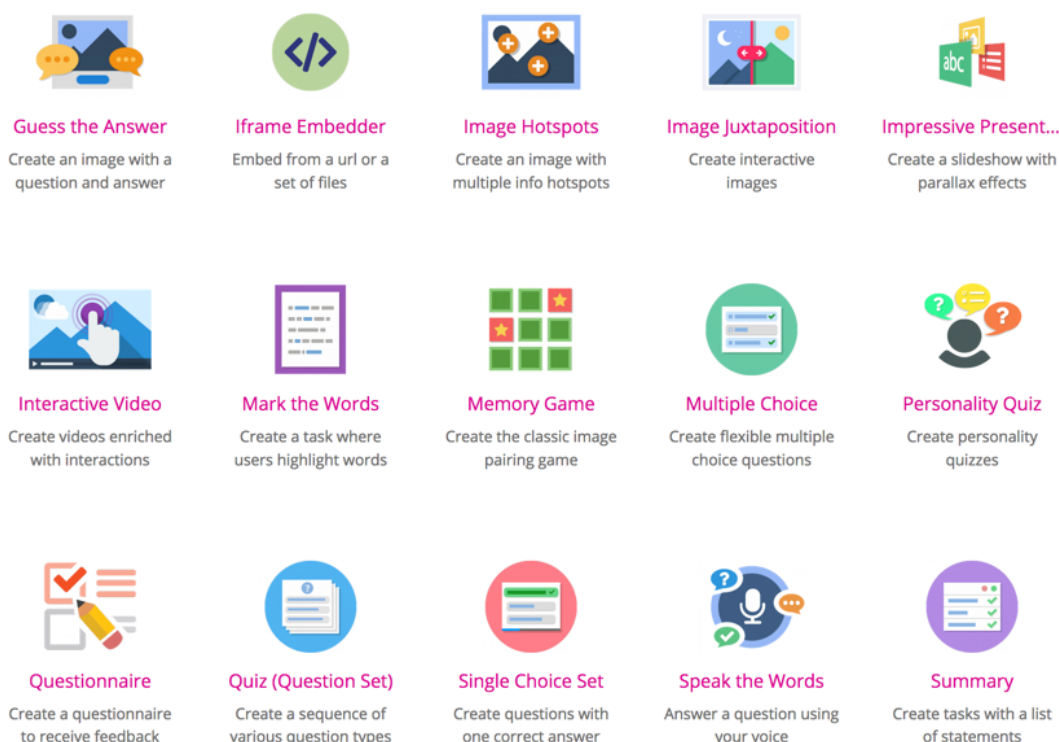
Figura 2 Características e funcionalidades do H5P



Fonte: Framework H5P, disponível em: <https://h5p.org>

Todos os tipos de pergunta podem ser configurados para executar um comportamento adaptável, o que significa que uma resposta correta pode fazer com que o usuário pule para um local especificado no vídeo, enquanto uma resposta incorreta poderia levar o usuário a outro lugar do vídeo. Normalmente, o envio de uma resposta errada fará com que o usuário seja direcionado para o local no vídeo em que a resposta à pergunta é apresentada. Também pode-se adicionar marcadores para que seus usuários possam pular para seções específicas do vídeo sob demanda. Na figura 3 é mostrada a interface do framework.

Figura 3 Interface do framework



Fonte: Componentes do framework H5P, disponível em: <https://h5p.org>

O conteúdo do H5P é compatível com dispositivos móveis. É possível publicar, visualizar e interagir com todas as telas, sendo responsivo e otimizado para celular. Os usuários podem experienciar o mesmo conteúdo interativo em computadores, smartphones e tablets. Ele permite que os CMSs e LMSs existentes (como o Moodle) criem um conteúdo mais robusto.

A plataforma possibilita aos autores criar e editar vídeos interativos, apresentações, jogos e muito mais. O conteúdo pode ser importado e exportado. O necessário para visualizar ou editar o conteúdo H5P é um navegador da web. O H5P é uma tecnologia totalmente gratuita e aberta, licenciada com a licença MIT (H5P, 2021).

As perguntas e notas interativas ficam indicadas por pontos azuis na barra inferior. Essas perguntas surgem no tempo definido pelo conteudista do vídeo e os alunos são desafiados a fazer a tentativa antes de prosseguir o conteúdo do vídeo. Tipos de perguntas interativas são propostas para dar aos alunos variações nos modelos de perguntas que podem ser múltipla escolha, conjunto de escolha única e pergunta de verdadeiro ou falso.

A tela inicial de um vídeo de pré aula com perguntas e notas interativas incorporadas são indicadas por pontos azuis na barra de reprodução. Uma pergunta interativa de múltipla escolha aparece no tempo do vídeo. Cada vídeo inclui tópico e subtópico independente,

portanto, dependendo da complexidade do conteúdo do tópico, a duração varia de acordo com os conteúdos abordados, a maioria com até cinco minutos cada.

O uso de vídeos interativos é capaz de estimular os mecanismos cognitivos responsáveis pela atenção do estudante. Segundo Ladewig (2000, pg 63) “A Atenção exerce uma função muito importante na capacidade de retenção de informações relevantes, pois é através dela, associada aos processos de controle, que guardamos informações na memória de longa duração”. O envolvimento dos estudantes com o conteúdo de aprendizagem é derivado principalmente pelos métodos tradicionais de avaliação, como questionários, tarefas, notas semestrais, são usados para extrair o envolvimento do estudante e, subsequentemente, a capacidade cognitiva é apresentada (GREN, 2020).

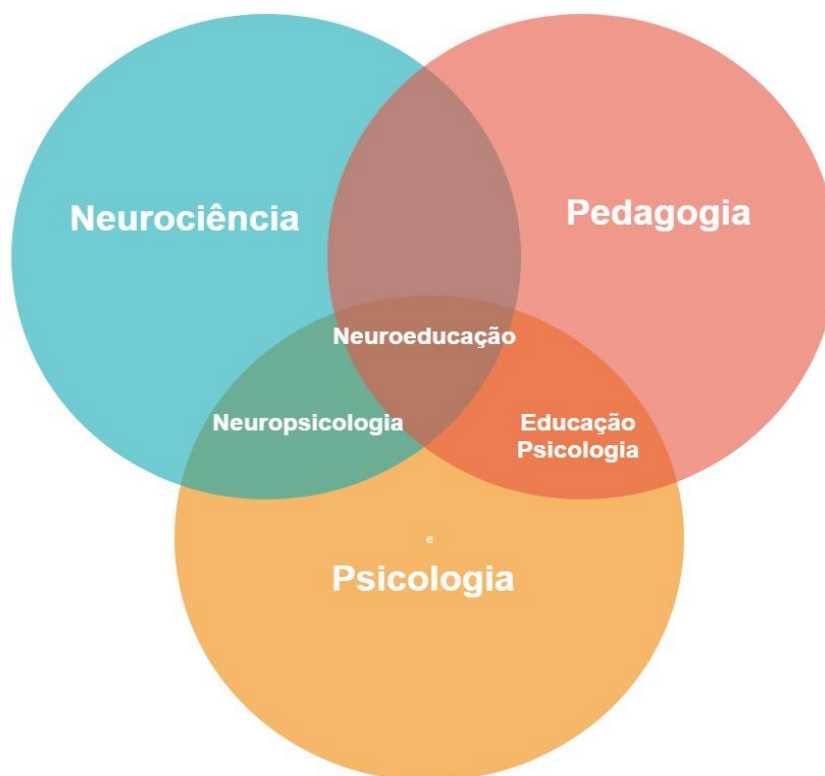
2.3 O cérebro e a Neuroeducação

O surgimento do campo da Neurociência tem sido tendência, especialmente na pesquisa educacional (ZARO et al, 2010). Para a pesquisadora Tokuhama-Espinosa (2008 citado por ZARO et al., 2010), o viés da neuroeducação argumenta comportamentos da aprendizagem.

A autora detalha que os profissionais, neurologistas e psicólogos explicam o papel das emoções no aprendizado, nas tomadas de decisões para que ocorra o aprendizado. E cita que com essas investigações os educadores podem melhorar as suas práticas em sala de aula.

Pesquisas interdisciplinares são necessárias para que possam ser integrados os métodos de aplicação com Informática na Educação. Segundo Zaro et al. (2020), a neuroeducação aborda o conhecimento e a inteligência integrando três áreas, a psicologia, a educação e a neurociência. Na Figura 4 é ilustrada a integração das áreas.

Figura 4 Integração das áreas



Fonte: Neuroeducação: Interpretação de Tokuhama-Espinosa, (2010).

A autora Tokuhama-Espinosa (2008 citado por ZARO et al., 2010, p. 79-80) aborda alguns princípios que podem ser considerados mostrando a aplicabilidade da neurociência e psicologia na rotina do professor.

[...] o cérebro é um sistema complexo, dinâmico e em modificação diária, pelas experiências; aprendizado é baseado em parte na habilidade do cérebro de se autocorrigir e aprender pela experiência, através da análise de dados e autorreflexão; aprendizado é potencializado pelo desafio e inibido pela ameaça; aprendizado envolve tanto atenção focada quanto percepção periférica; diferentes sistemas de memória (curto prazo, de trabalho, longo prazo, emocional, espacial, de hábito) aprendem de formas diferentes; informação nova é arquivada em várias áreas do cérebro e pode ser evocada através de diferentes rotas de acesso; o cérebro recorda melhor quando os fatos e habilidades são integrados em contextos naturais; e memória somada a atenção, produz aprendizado.

A educação consiste em melhorar o processo de aprendizagem, e a neuroeducação trata de entender o cérebro biológico e os processos mentais envolvidos. Com o desenvolvimento das tecnologias, como por exemplo o eletroencefalograma (EEG), os cientistas começam a poder interpretar a estrutura e as funções do cérebro (ZARO et al, 2020). A partir deste crescimento novas invenções sobre a investigação cerebral estão em evidência no âmbito educacional, implicando na influência do cenário da pesquisa e prática em educação, propiciando espaço para novas descobertas da pesquisa em neuroeducação a serem aplicadas no contexto de ensino e aprendizagem.

2.3.1 Fisiologia do cérebro

O nosso cérebro é constituído por bilhões de células interligadas e por trilhões de sinapses (TOKUHAMA-ESPINOSA,2015). A natureza nos dotou de mecanismos que permitem selecionar a informação que nos é importante. Através do fenômeno da atenção somos capazes de focalizar em determinados momentos, e deixar de lado o que não é importante (COSENZA, 2011). O sistema nervoso faz a seleção da informação através de mecanismos orgânicos e biológicos. A informação é enviada ao cérebro por cadeias neuronais com estações sinápticas intermediárias (COSENZA, 2011).

O formato da onda cerebral depende do estado do cérebro em si. Quando se está em sono profundo, o cérebro forma as ondas delta: elas ocorrem cerca de quatro vezes por segundo. O sono leve gera ondas teta, ligeiramente mais rápidas, que surgem cerca de seis vezes por segundo. As ondas alpha só ocorrem quando se está acordado, mas relaxado, cerca de 10 vezes por segundo. Mas quando o indivíduo está focado e atento, o cérebro cria ondas beta, até quarenta vezes por segundo. Estes não são eventos mutuamente exclusivos: o cérebro produz rotineiramente uma harmonia de ondas, mas uma delas sempre é dominante (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2015).

Lent (2010), cita que a sinapse é um chip-biológico, pois nela se realizam as computações dos circuitos neuronais, onde ocorre os filtros, à amplificação, a adição e os bloqueios (LENT, 2010).

Um aspecto do funcionamento do cérebro é o nível de vigilância ou de alerta em que ele se encontra. É necessário então, um nível adequado de vigília para que ocorra a manipulação da atenção. Há um circuito orientador localizado no córtex do lobo parietal em que o foco atencional é deslocado para determinado alvo, existindo evidências de que a atividade em uma das áreas pode inibir a outra (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2015). O abuso da capacidade atencional pode ser citado no exemplo em que um aluno esteja estudando com um livro aberto em frente a uma tela de computador, enquanto escuta música em outro equipamento, contudo, nesse caso as informações serão processadas alternadamente, pois duas informações que estão no percurso num mesmo canal, não serão processadas ao mesmo tempo, pois o cérebro alterna a atenção com os dados concorrentes. A atenção é dividida em canais sensoriais diferentes e aspectos importantes são perdidos quando ocorre informações múltiplas (ZARO et al, 2020).

Nos estudos de Posner (2019), os sistemas de atenção são identificados com três redes, incluindo: **a) rede de alerta**, focada nos sistemas de excitação do tronco encefálico, juntamente com os sistemas do hemisfério direito relacionados à vigilância sustentada. **b) rede de orientação focada**, entre outras regiões, no córtex parietal. **c) rede executiva**, que inclui o córtex frontal/anterior da linha média (POSNER, 2019).

O tempo de atenção humana é limitado e os períodos de atenção são geralmente relativos. É necessário reconhecer que os humanos têm um tempo médio de atenção de 10 a 20 minutos, simplificado demais como mostra o trabalho de Binder, C., Haughton, E., e Van Eyk, D. (1990). Na prática isso significa, que os professores precisam mudar as estratégias de ensino, atividades diferenciadas a cada 10 a 20 minutos para manter um alto nível de atenção (ZARO et al, 2020).

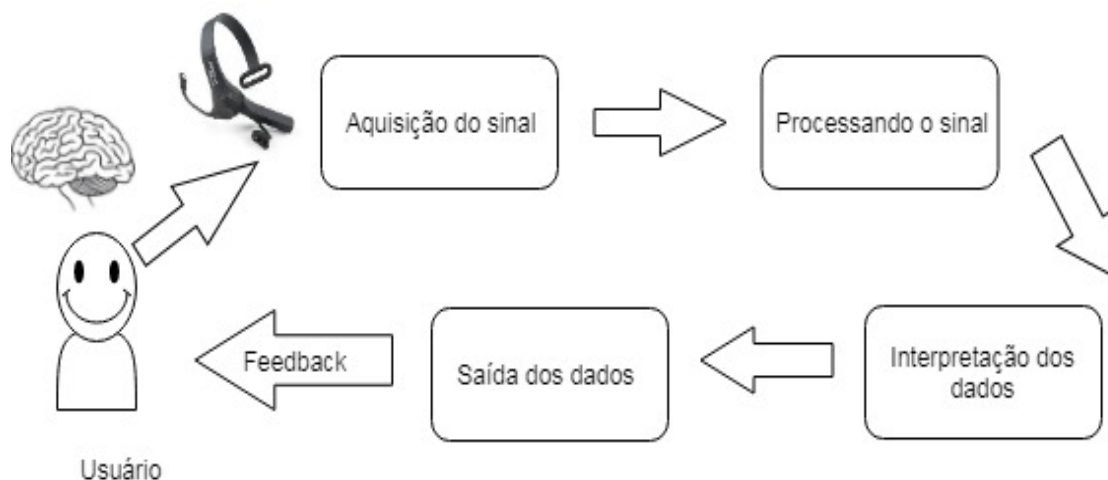
O sistema de atenção corresponde a estruturas anatômicas específicas no cérebro que são diferentes daquelas dedicadas ao processamento de informações (POSNER, 2019). Cada um dos subsistemas de dupla atenção (alerta, orientação e controle executivo) pertence a uma rede neural específica (PETERSEN e POSNER, 2012). A rede de alerta ainda não totalmente compreendida, parece estar no hemisfério direito (lobos frontal e parietal). A rede de orientação envolve os campos oculares frontais e finalmente a rede executiva envolve várias áreas do cérebro incluindo o córtex frontal. Existe uma grande variabilidade individual na eficiência dessas redes, que explicam as variações nas habilidades e traços atencionais (PETERSEN e

POSNER, 2012). Há ainda, vários correlatos neurais com variações nos espectros de sinais de EEG que estão relacionadas a mudança nos níveis de atenção.

O sistema de alerta e os níveis reduzidos de vigilância estão associados a uma diminuição nas frequências de EEG. Quando a potência é aumentada para os ritmos de EEG de baixa frequência (delta 1 - 4 Hz, teta 4-7 Hz, alfa baixo 7-10 Hz) e uma potência reduzida para ritmos de EEG de maior frequência. No sistema de orientação, a atividade alfa (4-12 Hz) também demonstrou estar relacionada à atenção seletiva, com maior poder alfa indicando atenção e o alfa fornecendo informações sobre a localização da atenção visual. A potência delta (3-8 Hz) sobre beta (16-24 Hz) também é utilizada como marcador de atenção sustentada (BAMDADIAN et al., 2014).

O Eletroencefalograma mede ondas cerebrais de diferentes frequências geradas dentro do cérebro. O cérebro tem o seu próprio conjunto de vibrações que usa para se comunicar consigo mesmo e com o resto do corpo. O Eletroencefalograma diferencia essas ondas medindo a sua intensidade (BOS et al, 2020). Na Figura 5 é ilustrada a arquitetura da pesquisa.

Figura 5 Arquitetura da pesquisa



Fonte: da autora, (2021).

2.3.2 Estimulação elétrica do cérebro

Para mapear as funções cerebrais é necessário proporcionar estímulo químico ou elétrico em áreas do cérebro e observar seus efeitos. Um estudo de Olds (1956) implantou eletrodos no cérebro de ratos e foi descoberto que a estimulação de uma parte do hipotálamo foi altamente recompensadora. Quando os eletrodos estavam nos animais, eles repetidamente ficavam estimulando-se com a barra que foi colocada. Olds registrou que um rato se auto estimulou mais de 2 mil vezes por hora, durante 24 horas consecutivas (OLDS,1956).

Em 1875 já houve a descoberta que o cérebro funcionava gerando sinais elétricos. O médico britânico Richard Caton fez a primeira abertura nos crânios de animais e pressionou dois eletrodos no córtex cerebral, onde detectou impulsos elétricos. No ano de 1924 o neurologista alemão Hans Berger inventou o primeiro Eletroencefalograma do mundo. A carga elétrica do cérebro é o resultado do movimento de bilhões de partículas carregadas com mínima eletricidade. O voltímetro é utilizado para as medidas gerando as leituras do EEG.

Existem diferentes níveis em que se pode estudar o cérebro como por exemplo: os níveis moleculares e celular, nesse caso houve interesse em estudar o cérebro no nível elétrico. Os dispositivos digitais se comunicam entre si e enviam bits de informação. Neurônios se comunicam através de pulsos elétricos e químicos, conhecidos como picos. A atividade que é formada por ondas numa banda de frequência pode ser transformada na informação que interessa. O ritmo mais predominante no EEG é considerado o dominante. Nosso estudo se

concentra nos sinais elétricos gerados pelos neurônios. Nesse sinal elétrico se pode avaliar o valor de pico, o valor de pico a pico, o valor eficaz, valor médio e a entropia (proporcional a energia).

2.3.3 Estado de Atenção

Nesta pesquisa busca-se alternativas viáveis para classificar e identificar a relação do vídeo interativo com o estado de atenção do estudante. No processo de aprendizagem Ladewig (2000), ressalta que a atenção passa por três estágios diferentes, definidos por: **cognitivo, associativo e autônomo**. No **estágio cognitivo** o estudante compreende os conceitos, neste estágio ocorre uma grande sobrecarga nos mecanismos de atenção; no **estágio associativo** o estudante passa a desenvolver o conhecimento, nesta etapa as necessidades de atenção são minimizadas com relação ao anterior; por fim, no **estágio autônomo** a habilidade relacionada já está desenvolvida e as exigências de atenção são mínimas, permitindo que o estudante redirecione sua atenção para outros focos.

À medida que uma pessoa sofre alterações em seu nível de atenção ou estado mental, ocorrem pequenas oscilações nos níveis de tensão elétrica e na frequência dos sinais que emanam de seu neocórtex. O método de medida destes sinais é conhecido como Eletroencefalograma (EEG), que usa eletrodos conectados através do couro cabeludo pelos cientistas para medir com precisão os sinais e suas flutuações à medida que ocorrem. Esses sinais podem ser usados para vários propósitos, incluindo diagnóstico da atenção e nível de estresse da pessoa. Alguns achados sustentam a hipótese que estímulos rítmicos desencadeiam alterações no tálamo e no neocórtex (ATWATER, 2001). A frequência rítmica da atividade elétrica dentro de áreas cerebrais é capturada por bandas de ondas, medido em número de ondas por segundo, ou Hertz, que tendem a ser associados com o estado psicológico do estudante (POSNER, 2019).

Nesta etapa os estudantes são confrontados com uma quantidade crescente de informação. Quantidades enormes de informação, formas, cores e textos são apresentadas a eles em muitos jeitos diferentes. Sabendo que eles podem manipular e processar apenas um número limitado dessas informações ao mesmo tempo, a maioria é filtrada com as suas próprias interpretações (MORAN, 1985). Ainda é apontado que um mecanismo conhecido como atenção seletiva é o recurso mais importante para aprendizagem do estudante. Isso indica que o uso

dessa atenção auxilia no comportamento e atitude e no fenômeno neuronal (SHIFFRIN, R.M., GARDNER, G.T.,1972).

Outros fatores importantes que influenciam a atenção dos estudantes são a interação e a comunicação. Isso significa que eles devem ser usados em muitas formas diferentes, pois a interação e a comunicação são importantes do professor para os estudantes e vice-versa (ZARO et al, 2020). Além disso, a comunicação aluno-aluno, comunicação e interação com o conteúdo são fatores chave de um processo de aprendizado de alta qualidade (EBNER, 2013).

A atenção refere-se a um estado de consciência em que os sentidos estão focados exclusivamente e seletivamente sobre os aspectos do ambiente. Assim sendo, o sistema nervoso central utiliza um estado de simetria para responder aos estímulos, permitindo usar o processamento de informações ao lidar com uma quantidade acessível na memória armazenada.

Atenção Seletiva A atenção está fortemente ligada a natureza da consciência. É a capacidade de selecionar vários fatores ou estímulos e de se concentrar apenas naquilo que se deseja enquanto filtra outras distrações. Ambientes naturais são caracterizados por uma abundância de sons bombardeando o sistema auditivo e competindo pela nossa atenção e nos diferentes contextos podem exigir a aplicação de diferentes estratégias. Algumas tarefas requerem atenção seletiva, foco em uma única fonte de fala ignorando todos os outros ruídos e evitando a distração (ZION, 2013).

Atenção Sustentada A atenção sustentada tem sido reconhecida como um fator importante na aprendizagem efetiva. Pesquisadores indicaram que os resultados da aprendizagem dependem fortemente desse estímulo da atenção e foco contínuo (HIDI, 1995; REYNOLDS, 1992; CHEN, 2014). É a capacidade de se concentrar em uma tarefa específica por um período contínuo de tempo sem se distrair. Exemplos de atenção sustentada podem incluir ouvir uma palestra, ler um livro ou assistir a um vídeo. É um desafio manter esse tipo de atenção por um tempo significativo sem se distrair. O aluno pode estar intensamente concentrado, e em um minuto sua concentração pode começar a falhar. No entanto, um aspecto fundamental da atenção sustentada é a capacidade de voltar a focar na tarefa depois que uma distração surgir (CHEN, 2014).

Atenção alternada é a capacidade de alternar seu foco para frente e para trás entre tarefas que exigem diferentes demandas cognitivas. A atenção alternada é a capacidade de flexibilidade mental que permite que o foco pode ser mudado e se mova entre tarefas com diferentes requisitos cognitivos. É utilizada praticamente o tempo todo com constantes

mudanças repentinas nas atividades e ações. Um exemplo é quando ao cozinhar, ainda o indivíduo está ajudando seu filho em uma tarefa (BAMDADIAN et al., 2014).

Atenção dividida é a capacidade de processar duas ou mais respostas ou reagir a duas ou mais demandas diferentes simultaneamente. A atenção dividida é muitas vezes citada como multitarefa. Exemplos, incluem verificar o e-mail enquanto ouve e participa de uma reunião. É vista como a capacidade de se concentrar em dois ou mais estímulos ou atividades ao mesmo tempo, é humanamente impossível concentrar-se em duas tarefas diferentes simultaneamente. Seu cérebro só pode processar uma tarefa de cada vez. A capacidade da atenção dividida é utilizada por causa da memória ou hábitos (LURIA, 1981).

Atenção automática A atenção automática pode ser entendida como uma ferramenta adaptativa para detectar rapidamente eventos salientes, reorientando os recursos de processamento. Para a pupila é importante comandar as capacidades suficientes de foco (LURIA, 1981).

Atenção controlada A atenção controlada, que é definida como “uma capacidade de manter efetivamente informações de estímulo, meta ou contexto em um estado ativo e de fácil acesso em face de interferência” (KANE, CONWAY, BLECKLEY, & ENGLE, 2001 p. 180).

Atenção auditiva os mecanismos de atenção auditiva têm se concentrado principalmente no componente de isolamento com uma forma de organização sequencial conhecida como “Streaming auditivo”. A sensibilidade dos ouvintes a sinais contínuos pode ser capturada nas respostas dos neurônios no córtex auditivo primário e nos componentes da onda EEG com uma curta latência. No entanto, a transmissão pode ser fortemente afetada pela atenção. O cérebro é capaz de lidar inteligentemente com casos em que parte do sinal são brevemente mascarados. Uma variável pode manipular a quantidade de atenção dada aos sons e afetar a resposta ao fenômeno (LURIA, 1981).

Atenção Visual para que ocorra a atenção visual, uma rede fronto parietal dorsal necessita ser acoplada durante o controle de cima para baixo da atenção ou atenção direcionada a meta e inclui os campos oculares frontais. Uma rede é envolvida durante a captura de estímulo. Além disso, o controle de cima para baixo da atenção visual versus a atenção auditiva provavelmente compartilha algumas características da atenção (PETERSEN & POSNER, 2012).

Na cultura digital o funcionamento da economia da atenção constitui uma das formas mais intensas em um ritmo rápido, em vez de lento. Muitas pessoas enfrentam o problema de navegar hoje, elas não têm atenção suficiente para atender as demandas da informação da sociedade. Um dos primeiros estudiosos que mencionou a importância dos processos

econômicos da atenção em relação a uma sobrecarga de informação é Herbert A. Simon, que argumentou em 1971 que:

em um mundo rico em informações, a riqueza de informações significa a escassez de outra coisa: a escassez de tudo o que a informação consome. O que a informação consome é bastante óbvio: ela consome a atenção de seus destinatários. Consequentemente, uma riqueza de informações cria uma falta de atenção e uma necessidade de alocar essa atenção de forma eficiente entre a superabundância de fontes de informação que podem consumi-la (SIMON, 1971).

Portanto, vivencia-se a abundância de informação, porém a informação precisa ser processada por pessoas para fazer sentido. A atenção humana é escassa, precisamos da economia da atenção em alguns processos durante o dia. Michael H. Goldhaber se concentra especificamente na comunicação e na economia da atenção, e seus estudos são de como uma sociedade usa seus recursos escassos (GOLDHABER, 1997). Tecnicamente as informações e seus fluxos podem ser detectados com precisão (em bits, bytes) por dispositivos. Porém a atenção é mais misteriosa, um processo que ocorre apenas na mente. Se você estiver em uma conversa telefônica, sua atenção irá para a pessoa do outro lado da linha. O fluxo da atenção é uma metáfora em profundidade. As pessoas se conectam para trocar atenção com as outras. Em seu livro on line *Virtual Community*, Howard Rheingold estabelece duas diretrizes: “A regra número um é prestar atenção. A regra número dois pode ser: a atenção é um recurso limitado, portanto preste atenção onde você presta atenção.

Os pesquisadores indicam o potencial de usar tecnologias de sensoriamento para manter os alunos no estado de atenção durante o processo de aprendizagem, investigando seu status de aprendizagem e fornecendo o melhor desempenho (TOKUHAMA- ESPINOSA, 2015), (EBNER, 2013), (ZHONGLING,2021).

Tipos de medidas de atenção são usados para reter o grau de atenção dos alunos. Conforme Chen (2014), o sinal fisiológico é a medida mais eficaz como sinal de atenção. Nos últimos anos o avanço das tecnologias de detecção e processamento de sinais fisiológicos proporcionam oportunidades para coletar dados precisos de ondas cerebrais (REBOLLEDO-MENDEZ et al., 2009).

No entanto, sabemos que a atividade do cérebro é muito vital para decidir a capacidade cognitiva. O estado psico-cognitivo de alunos fracos pode ajudar a analisar suas dificuldades para entender um tópico específico e pode desempenhar um papel importante em ajudá-los com base no estado cognitivo de cada aluno (SHAW, 2021).

No passado os sensores de ondas cerebrais exigiam uma grande quantidade de trabalho com o eletrodo ter que ser fixado no couro cabeludo, mostrando-se uma ferramenta de difícil utilização em sala de aula. Hoje existem sensores em formato de tocas e headset de fácil utilização e com preparação muito simples, como por exemplo, o Mindwave da Neurosky. (BOS et al, 2020).

A capacidade cognitiva está positivamente associada ao desempenho de uma série de tarefas que exigem atenção, e tem sido atribuída a disponibilidade de mais recursos cognitivos sobre a alocação destes (WIEMERS & REDICK, 2018); (SHAW, 2021).

2.4 Mindwave Neurosky

O Mindwave da Neurosky é um sensor de ondas cerebrais que pode detectar sinais de eletroencefalograma humano (EEG). Pode ser usado como um headset e, portanto, os usuários não precisam de capacitação específica. Além disso, sua confiabilidade tem sido indicada por vários estudos anteriores (CHEN E HUANG, 2014; REBOLLEDO-MENDEZ et al., 2009, VETTORI, 2018).

O headset da Neurosky serve para mensurar e extrair os níveis de atenção e meditação do usuário. Um dispositivo vestível que mede a atividade cerebral do EEG acoplado ao redor da testa. Os sinais coletados por eletrodos secos, são filtrados e interpretados pelo firmware dentro do dispositivo para fornecer uma linha de sinal contínuo. As cinco frequências cerebrais são Gama, de 30 a 100 Hz, Beta, de 12 a 30 Hz, Alpha, de 8 a 12 Hz, Theta, de 4 a 7 Hz e Delta de 1 a 4Hz. O eSense é um algoritmo de propriedade da NeuroSky para caracterizar estados mentais. Para calcular o eSense, a tecnologia NeuroSky amplia o sinal de ondas cerebrais cru e remove o ruído e os sinais indesejáveis do movimento muscular, chamado de artefatos no EEG. O algoritmo eSense é então aplicado ao sinal restante, resultando nos valores interpretados. As Figuras 6 e 7 ilustram o modelo do sensor.

Figura 6 Modelo do Sensor



Fonte: Neurosky (2021).

Figura 7 Mindwave mobile 2 ilustrações



Fonte: Adaptado pela autora de Biodigital e Neurosky (2021).

Este biosensor envia sinais por bluetooth de ondas cerebrais para um dispositivo e prevê a atenção e meditação com a comunicação pareada por bluetooth. O sensor elimina a necessidade do uso de gel durante o uso de seu eletrodo. Muitos artigos foram publicados em pesquisas usando o Mindwave.

A Tabela 1 abaixo apresenta uma sinopse geral de algumas frequências reconhecidas de diferentes tipos de atividade no cérebro.

Tabela 1 Sinopse geral das frequências do cérebro.

Tipos de Frequência	Alcance de Frequência	Estado Mental
Delta	0.1Hz á 3Hz	Sono Profundo/meditação
Theta	4Hz á 8Hz	Relaxação profunda
Alpha	9Hz á 14Hz	Relaxação ligeira
Beta	15Hz á 30 Hz	Despertar e criatividade
Gamma	30Hz á 60Hz	Alerta/ agitação/ gestão das informações

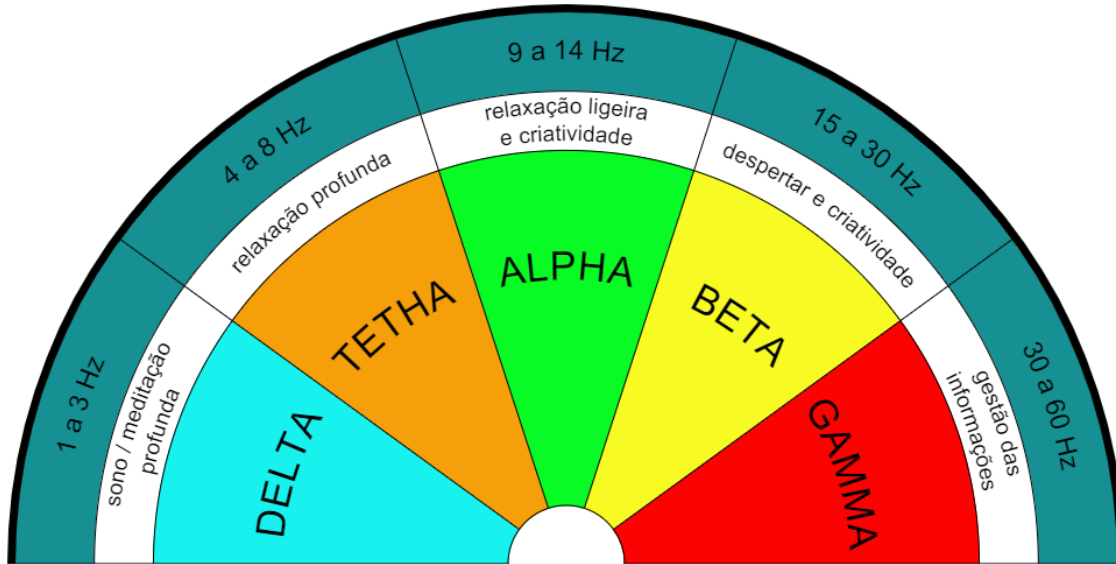
Fonte: Adaptado de Hans Berger⁷

A mente em um único dia passa por diferentes estados/estágios de consciência, desde muito relaxada há muito alerta. Este estado/estágio é determinado pelo tipo de frequência alcançado. A partir destas mudanças de alcance na frequência, alguns estados mentais são atingidos:

- Delta: No estado Delta, nossas ondas cerebrais estão de 1 a 3 por segundo. Nesse estado ficamos todas as noites dormindo profundamente. (Sono profundo e meditação).
- Theta: No estado Theta, nossas ondas cerebrais diminuem para 4 a 8 por segundo. É em Theta que estamos dormindo, ou perto dele. (Relaxação profunda).
- Alpha: O estado alpha é quando as ondas cerebrais aumentam um pouco, de 9 para 14 por segundo. No estado alpha, ainda acordamos, mas estamos muito relaxados. Este é o estado em que as pessoas estão durante a meditação. (Relaxação ligeira).
- Beta: O estado beta é quando temos 15 a 30hz ondas cerebrais por segundo e estamos em estado mais alerta. É quando estamos envolvidos em atividades que passam pelo dia normal, como conversar e trabalhar. (Despertar e criatividade)
- Gamma: O estado Gamma é quando estamos trabalhando na faixa de 30 a 60hz média, em alerta, agitação e na gestão das informações. Na Figura 8 são mostradas as ondas cerebrais em ilustração para uma melhor visualização.

⁷ Hans Berger: Psiquiatra e neurologista alemão Hans Berger inventor do eletroencefalograma na década de 30.

Figura 8 Ondas cerebrais



Fonte: Adaptado de Biometros, Subtil.net (2021)

Para todos os diferentes tipos de atenção e meditação, o valor do medidor é relatado de uma escala eSense relativa de 1 a 100. Nesta escala, um valor entre 40 e 60 em qualquer momento é considerado “neutro”; um valor de 60 a 80 é considerado “ligeiramente elevado” e pode ser interpretado como níveis possivelmente mais altos do que o normal. Valores de 80 a 100 são considerados “elevados”, o que significa que eles são fortemente indicativos de níveis elevados desse eSense. O eSense é um algoritmo de propriedade da NeuroSky para caracterizar estados mentais resultando nos valores interpretados (NEUROSKY, 2021).

Para os intervalos amplos e para cada interpretação é que algumas partes do algoritmo eSense estão acoplados dinamicamente e usam alguns algoritmos de “adaptação lenta” para se ajustar as flutuações naturais e tendências de cada usuário, respondendo e compensando o fato de que o EEG no cérebro humano está sujeito a variações normais de flutuação. Esta é a razão pela qual o sensor é capaz de operar em uma ampla gama de indivíduos e oferecer boa precisão e confiabilidade. Os desenvolvedores podem desconsiderar valores abaixo de 60 e reagir apenas valores entre 60 e 100. Esse valor de um byte informa o atual medidor de atenção do usuário, indicando a intensidade do sinal de “foco” ou “atenção” mental de um usuário, como ocorre durante a concentração intensa e atividade mental dirigida. Distrações, pensamentos errantes, falta de foco ou ansiedade podem diminuir os níveis no medidor de atenção. Por padrão, a saída deste valor de dados é ativada e é emitida uma vez por segundo (NEUROSKY, 2021).

O algoritmo Attention Meter indica a intensidade do “foco” ou “atenção” mental. O valor é apresentado na escala de 0 a 100. O nível de atenção aumenta quando um usuário se concentra em um único pensamento ou objeto externo e diminui quando se distrai. Os usuários podem observar sua capacidade de se concentrar a partir do uso do algoritmo.

Em ambientes educacionais, a atenção aos planos de aula pode ser rastreada para medir a eficácia do envolvimento dos alunos. Nos ambientes de jogos, a atenção tem sido usada para criar controle "push" sobre objetos virtuais (NEUROSKY, 2021).

O algoritmo Meditation Meter indica o nível de "calma" ou "relaxamento" mental. O valor é apresentado na escala de 0 a 100 e aumenta quando os usuários relaxam a mente e diminui quando se sente desconfortável ou estressado. O medidor de meditação quantifica a capacidade de encontrar um estado interno de atenção plena e, assim, pode ajudar os usuários a aprender, bem como, se auto-corrigir e encontrar equilíbrio interno para superar o estresse da vida cotidiana. O algoritmo também é utilizado em uma variedade de controles de design de jogos (NEUROSKY, 2021).

A atividade elétrica de um cérebro em stress pode ser comparada a uma orquestra cujos instrumentos não estão afinados. O nível de alerta de alta velocidade do corpo pode alterar os tipos de ondas cerebrais com padrões sistemáticos e ordenados. Padrões de ondas cerebrais alfa têm sido associados ao super aprendizado e a criatividade. Esse padrão invoca uma profunda e intensa sensação de motivação (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2010).

Para o acompanhamento das mensurações das ondas cerebrais dos estudantes ao longo da utilização do recurso/realização da atividade, o sistema escolhido foi o Neurosky (NEUROSKY, 2021). O headset inclui um canal de eletrodo de metal registrando ondas cerebrais elétricas na superfície do couro cabeludo com uma frequência de 40Hz (40 amostras por segundo).

À escolha do equipamento se deu por permitir fácil acesso aos dados, uma vez que se comunica com o computador através de Bluetooth; e por ser compatível com sistemas versão Windows, Android e MacOS. Além disso, pode ser considerado de baixo custo – neste projeto, equipamentos NEUROSKY serão utilizados em maior quantidade, o que também influenciou pela escolha do mesmo.

O equipamento quando em atividade, fornece valores e medidas através das ondas referentes a estados mentais, via *bluetooth*, a um computador que esteja pareado e com um sistema de registro de ondas cerebrais instalado, em tempo real apresentando um nível considerável de complexidade, mas suficientes para fornecer os dados necessários para a referida pesquisa. Na Tabela 2, é mostrado as especificações e características do equipamento.

Tabela 2 Especificações do Mindwave Neurosky

Características	
Um canal EEG + referência	
Detecção de sinais Low-Level	
Filtro avançado com imunidade high noise	
RAW EEG de 512Hz	
eSense Brainwave	Especificação
RAW EEG sinal	512Hz taxa de amostragem
Attention	3 -100 Hz Frequência
Meditation	UART (serial)
Eye Blink	-1200, 9600, 57600 baud
Delta Theta, Low alpha, high alpha, low beta	8 -bits
High Beta e gama waves	1 stop bit

Fonte: Neurosky, 2021.

Os valores da amostra RAW são enviados 512 Hz, eles correspondem a uma medição realizada no local do sensor. Para tanto, visando representar graficamente estes valores de amostra RAW, é fornecido uma forma de onda que correspondem às tensões vistas no sensor.

A amplitude das ondas alfa geralmente fica na faixa de 30-70 microvolts (0,00003-0,00007 V) no couro cabeludo e cerca de 10-20 mV no interior do próprio cérebro. Ainda sinais elétricos de músculos contraídos (incluindo olhos piscantes e expressões faciais) pode atingir 5mV (0,0005 V) com valores médios de cerca de 200 μ V. Eles são nivelados principalmente por soluções de circuitos de entrada do eletroencefalógrafo, e por processamento adicional de sinais.

O Neurosky Mindwave Mobile é um produto completamente finalizado e com a presença de uma interface *bluetooth* em um computador ou smartphone transfere seus dados.

O headset já está a mais de 9 anos no mercado com uma ampla gama de aplicações para ele, inclusive para jogos e educação. O centro de geração das ondas está mais próximo da região

occipital, com superfícies limpas dos sensores e da pele nos locais de contato, esses EEG podem ter 90% ou mais de confiança. É um eletroencefalógrafo de canal único completo. Em 2021, o headset ainda é o líder real entre dispositivos similares (NEUROSKY, 2021).

2.4.4 Aplicativo Effective Learner

No âmbito desta investigação foram utilizados inicialmente o aplicativo Effective Learner como ferramenta de registro das ondas cerebrais. Com uma interface bastante simples, o aplicativo traz gráficos de setores e de linha, sem limite na medida de tempo, podendo armazenar e compartilhar os dados. Outros recursos deste aplicativo dizem respeito a representação gráfica por tipo de onda cerebral e a transposição dos resultados em planilhas.

Dado que este aplicativo apresenta algumas limitações no que se refere a banco de dados com informações de dados brutos, somente nos apresentando feedbacks com imagens gráficas plotadas, optou-se por utilizar um sistema mais eficaz para atender às necessidades da pesquisa.

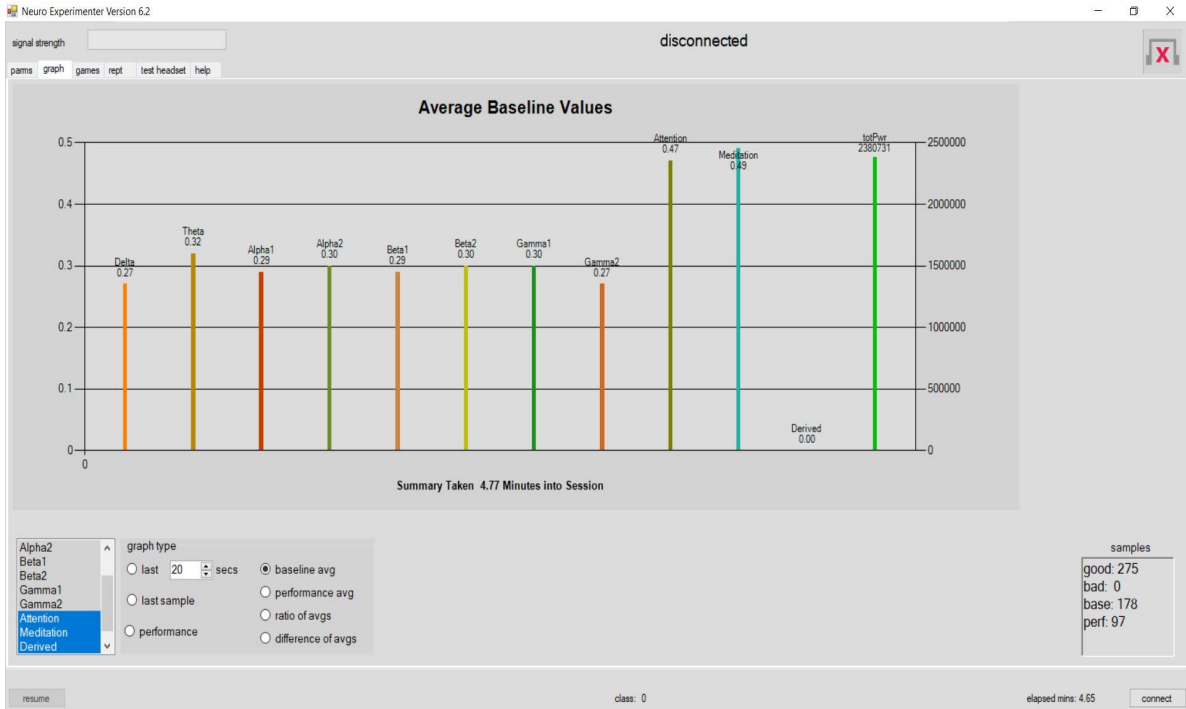
Tal sistema buscará quantificar dados de EEG através de representações de frequências com amplitudes e intensidades das oscilações neuronais do estudante. Através da codificação neural, será possível visualizar as frequências plotadas e os dados brutos em cada sinal específico, gerando assim, um arquivo único para compilação final com possibilidade para exportar em arquivo.csv. O sistema a ser utilizado é denominado de NeuroExperimenter, sistema já consolidado na pesquisa e será mais eficaz durante o estudo.

2.4.5 Sistema Neuro Experimenter

O sistema Neuro Experimenter é um software de código aberto, que fornece uma interface gráfica para os níveis de atenção e meditação. O objetivo do Neuro Experimenter é explorar a produção de ondas cerebrais à medida que o estudante tenha diferentes “estados mentais”, como atenção, meditação, relaxamento, concentração, etc. É possível descobrir qual combinação de ondas cerebrais caracteriza um estado mental. O sistema tem sido usado por estudantes em diversos projetos em universidades para investigar a eficácia do estado de atenção.

Cada barra na imagem representa uma produção do desempenho sobre a linha de base para este tipo de onda. A proporção usa a saída média na forma de onda (como uma porcentagem da produção total de “energia”). Na Figura 9 e no apêndice B, são mostradas as linhas de base para o tipo de onda.

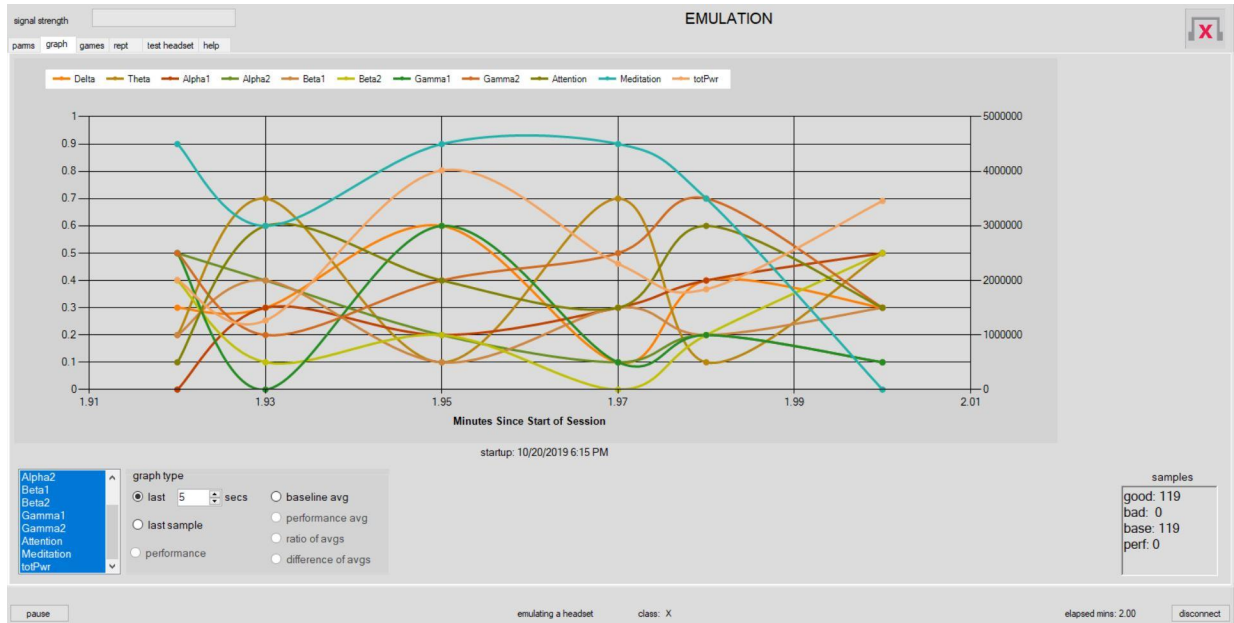
Figura 9 Representação dos níveis de atenção fornecida pelo sistema



Fonte: da autora, (2021).

O gráfico da imagem abaixo mostra os últimos 'n' segundos (5 na amostra acima) das formas de onda selecionadas. Todas as formas de onda são normalizadas para estar entre 0 e 1, exceto a forma de onda derivada (que usa a escala correta) e "totPwr". Se a forma de onda "performance" estiver sendo representada graficamente, ela é marcada por pontos pretos (Alpha2, acima) e uma linha vermelha para o mínimo. Na Figura 10 são mostradas as representações dos níveis de ondas.

Figura 10 Representação dos níveis de ondas



Fonte: da autora, (2021).

Os dados de energia são gerados aproximadamente uma vez por segundo. Todos os oito dados de potência (um para cada tipo de onda) são gerados ao mesmo tempo. Os dados de atenção e meditação (dados eSense) são calculados pelo headset de uma maneira desconhecida (talvez a partir dos dados de energia e ou dados brutos). Na linguagem de EEG, o espectro de potência é calculado dividindo o sinal em suas frequências componentes.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Ao elaborar uma pesquisa educacional obteve-se como resultado que o NeuroSky tem sido amplamente utilizado em diversos tópicos de pesquisa tais como a psicologia, e as áreas da saúde. Mas também há muitas áreas onde ele ainda foi pouco explorado, tais como a educação. Ele tem sido utilizado no processo de aquisição de habilidades motoras, mas pouco tem sido utilizado em habilidades intelectuais. Tem sido amplamente utilizado no contexto da leitura, mas pouco utilizado no ensino e aprendizagem de disciplinas.

Com relação a tecnologia de EEG, a maioria possui a tecnologia sem fio e sem dor, não invasiva e monitoram os correlatos neurais associados a diversos comportamentos e atitudes nos processos mentais, podendo ser utilizado em investigações tais como as encontradas a seguir:

3.1 Neurosky para investigar as influências da atenção visual

Wei & Ma (2017) utilizaram o NeuroSky para investigar as influências da atenção visual e do tempo de leitura em crianças e adultos enquanto liam álbuns de imagens impressas. O estudo investigou a relação entre atenção visual e tempo de leitura usando um dispositivo eletroencefalográfico móvel. O dispositivo Neurosky usa um sensor seco de canal único, que mede a atenção dos participantes no ambiente de leitura do mundo real. Os resultados revelam que a idade influencia significativamente a atenção visual e o tempo de leitura. A atenção visual dos adultos e o tempo de leitura são superiores aos das crianças; além disso, a atenção visual e o tempo de leitura dos adultos estão positivamente correlacionados, indicando que a função executiva do tempo de atenção e leitura aumenta com a idade. Ainda, a atenção visual é superior nas meninas do que nos homens. Além disso, evidenciou-se que os livros multimídias com figuras melhoram substancialmente a atenção visual. Esse resultado indica que os livros de imagens multimídia com efeitos de som, luz e animação são mais atraentes e assim aumentam a atenção.

3.2 Neurosky em um contexto de leitura móvel

Chen & Lin (2016) aplicaram o headset NeuroSky em um contexto de leitura móvel, que mediu as mudanças nos estados de atenção do aluno quando apresentado com o mesmo conteúdo de aprendizagem em três contextos de leitura (postura sentada, em pé e andando).

Este trabalho confirmou que sentar durante a leitura móvel gerou a maior atenção sustentada e o tipo de exibição de texto misto obteve a menor atenção sustentada. Além disso, o trabalho confirmou que os três contextos de leitura com os três tipos de exibição de texto considerados para leitura móvel não tiveram efeitos significativamente diferentes na compreensão geral da leitura. Os leitores móveis atuais raramente passam muito tempo lendo, mas frequentemente passam pouco tempo lendo, utilizando seu tempo livre. A leitura móvel tem o fenômeno da cauda longa, de acumular leituras de curta duração que utilizam o tempo livre aumentando significativamente ao longo do tempo.

3.3 EEG para avaliar a atenção sustentada no contexto de leitura na web

Os outros dois trabalhos Chen e Huang (2014) Lin et al., (2014) aplicaram o EEG para avaliar a atenção sustentada dos participantes no contexto da leitura na web.

Nas duas medidas personalizadas baseadas em dados de EEG, os valores de "atenção", que estavam na faixa de 0 a 100, indicaram o nível de foco mental do aluno. Para confirmar a usabilidade do headset MindSet da NeuroSky, Rebolledo-Mendez et al. (2009), avaliaram a usabilidade do NeuroSky para detectar níveis de atenção em um exercício de avaliação. investigando a capacidade do NeuroSky de detectar com precisão os níveis de atenção, definindo um modelo de atenção que combinava sinais de atenção e dados gerados pelo usuário em um exercício de avaliação do Second Life. A pesquisa sugeriu que o NeuroSky fornece leituras precisas de atenção, e existe uma correlação positiva entre os níveis de atenção medidos e auto relatos.

3.4 EEG adotado para investigar a eficácia das aplicações de reconhecimento de fala em texto.

Ainda explorando os materiais de aprendizagem foi possível encontrar os trabalhos de Shadiev et al., (2017a) , Shadiev et al., 2017b , Shadiev et al., 2017b) que adotaram o EEG para investigar a eficácia das aplicações de reconhecimento de fala em texto, no desempenho de aprendizagem, atenção e meditação dos estudantes. No experimento, os estudantes usaram o headset NeuroSky MindWave durante duas palestras. A primeira palestra foi em um nível

intermediário de dificuldade e durou dois minutos, a segunda em um nível avançado de dificuldade e durou 3,5 min.

3.5 Medição da concentração de crianças enquanto liam livros ilustrados em quatro formas de mídia.

Ma & Wei (2016) escolheu o NeuroSky como a ferramenta para medir a concentração de crianças na 3ª e 6ª série enquanto liam livros ilustrados em quatro formas de mídia: livros convencionais (visuais), pop-up (visual e tátil), livros falados (acústicos e visuais) e e-books (percepções multissensoriais). Enquanto isso, eles investigaram a influência dos fatores de gênero e grau na concentração das crianças.

3.6 Relação da atenção e nível de meditação com aprendizagem no ensino de engenharia.

Bursa Ulker et al, (2017) em seu estudo usou o Biosensor Neurosky EEG para medir os níveis de atenção e meditação dos alunos de engenharia durante uma aula. Os pesquisadores observaram um incremento de baixa atividade alfa durante a transição de olhos fechados para olhos abertos.

3.7 Navegador na web sensível ao usuário através do sensor neurosky.

Kumar e Bose (2015), realizaram um estudo em que o nível de interesse do usuário é medido através de um sensor Neurosky EEG vestível. Um anúncio em uma página web pode fornecer feedback sobre o interesse do usuário. O usuário pode editar as páginas conforme desejar, e no final as páginas com mais qualidade podem ser projetadas.

3.8 A utilização do Socrative App como recurso didático para potencializar a atenção do estudante

Vettori (2018) realizou um estudo em sua pesquisa de doutorado utilizando o aplicativo Socrative com o auxílio do sensor da Neurosky como recurso didático em uma sala de aula em uma disciplina de física básica para medir os estímulos de atenção usando a ferramenta para potencializar a atenção no desenvolvimento da aprendizagem significativa de estudantes de uma turma de engenharia.

A tecnologia na área da saúde está começando a comprovar e trazer evidências

sobre o aprendizado no cérebro e como melhorar a atenção dos estudantes. Universidades famosas como MIT⁸, Universidade YALE⁹ e a Universidade de STANFORD¹⁰ dentre outras, já têm estudos avançados sobre esse tema.

3.9 Diferencial da Pesquisa

Diante do que foi pesquisado, sentiu-se a necessidade de investigar melhorias dentro dos aspectos da atenção para as leituras dos biosinais com o uso do sensor. Com isso, a Tese é elaborada com as investigações e funcionalidades acima já abordadas. O estudo serve como um complemento ao professor em sala de aula, que poderá monitorar um determinado grupo de alunos com a investigação proposta. A atenção e seus fenômenos tem seus aspectos entre o estado e processos atencionais e há muito a ser dito sobre. No escopo desta Tese que tem como foco principal o estudo da atenção na intensidade dos sinais da atividade cerebral com o uso em mídia interativa e recursos audiovisuais. O monitoramento da atividade cerebral durante a apreciação de um vídeo convencional e um vídeo interativo. A fim de delinear mais o objeto de estudo e usar exemplos concretos para discutir os problemas das perguntas da pesquisa, foram concentrados nos estudos que estão abordados abaixo nas amostras coletadas e os registros em artigos publicados sobre o tema. Essa possibilidade do estudo proporcionou resultados e insights valiosos sobre atenção e escuta durante a investigação.



Na Tabela 3 são mostradas as funcionalidades dos sistemas de coleta de dados utilizados.

⁸ MIT: Instituto de Tecnologia de Massachusetts;

⁹ Universidade YALE: A Universidade Yale é uma instituição de ensino superior privada norte-americana situada em New Haven;

¹⁰ Universidade de STANFORD: é uma universidade de pesquisa privada situada em Palo Alto, Califórnia, Estados Unidos.

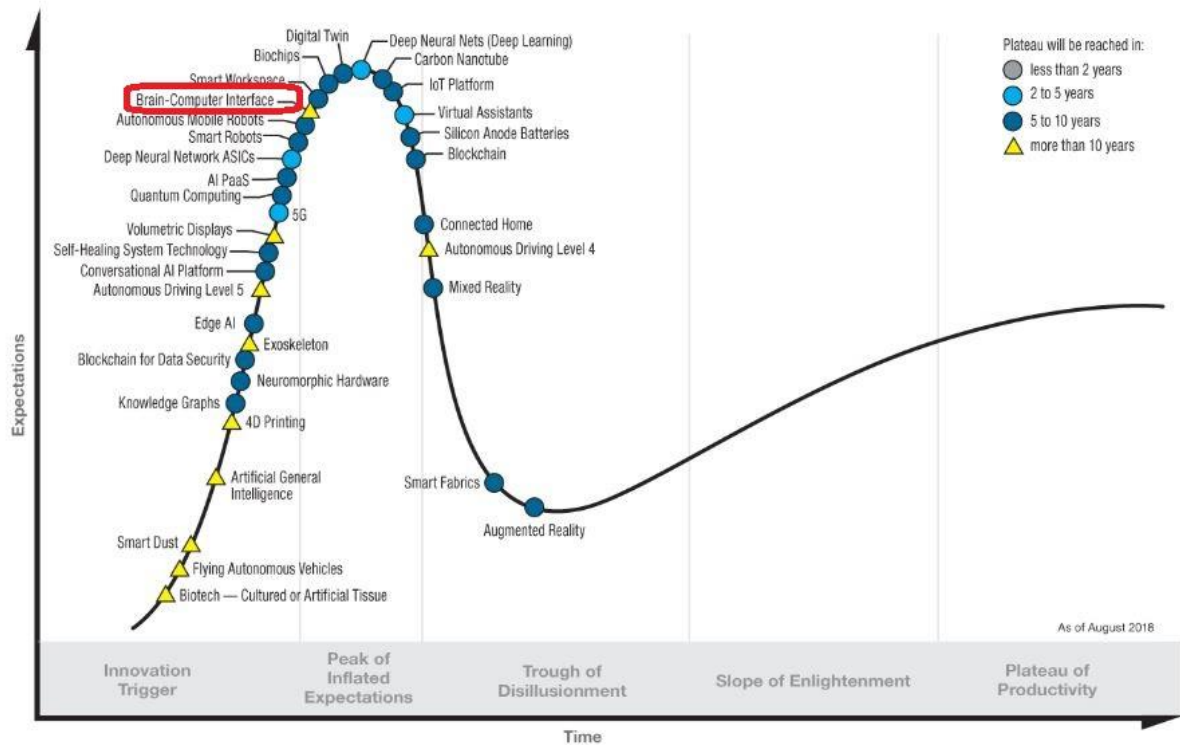
Tabela 3 Tabela comparativa das tecnologias envolvidas

Funcionalidades	 Effective Learner	 NeuroExperimenter
Ferramenta de registro de ondas cerebrais	Sim	Sim
Interface simples	Sim	Sim
Gráficos de setores e linha	Sim	Sim
Armazena e compartilha os dados	Não	Sim
Níveis de atenção e meditação	Sim	Sim
Conexão via Bluetooth	Sim	Sim
Dados exportados em .csv	Não	Sim
Comunicação com o servidor externo	Não	Sim
Sistema de uso aberto	Sim	Sim
Desenvolvido para uso em pesquisas	Não	Sim

Fonte: da autora, (2021).

Segundo Gartner (2018), as tendências em termos de tecnologias emergentes estarão ao alcance do educador a médio e longo prazo. No contexto educacional é possível citar o Brain Computer Interface que aponta como uma tecnologia emergente para mais de dez anos conforme mostrada na Figura 11.

Figura 11 Ciclo das Tecnologias Emergentes

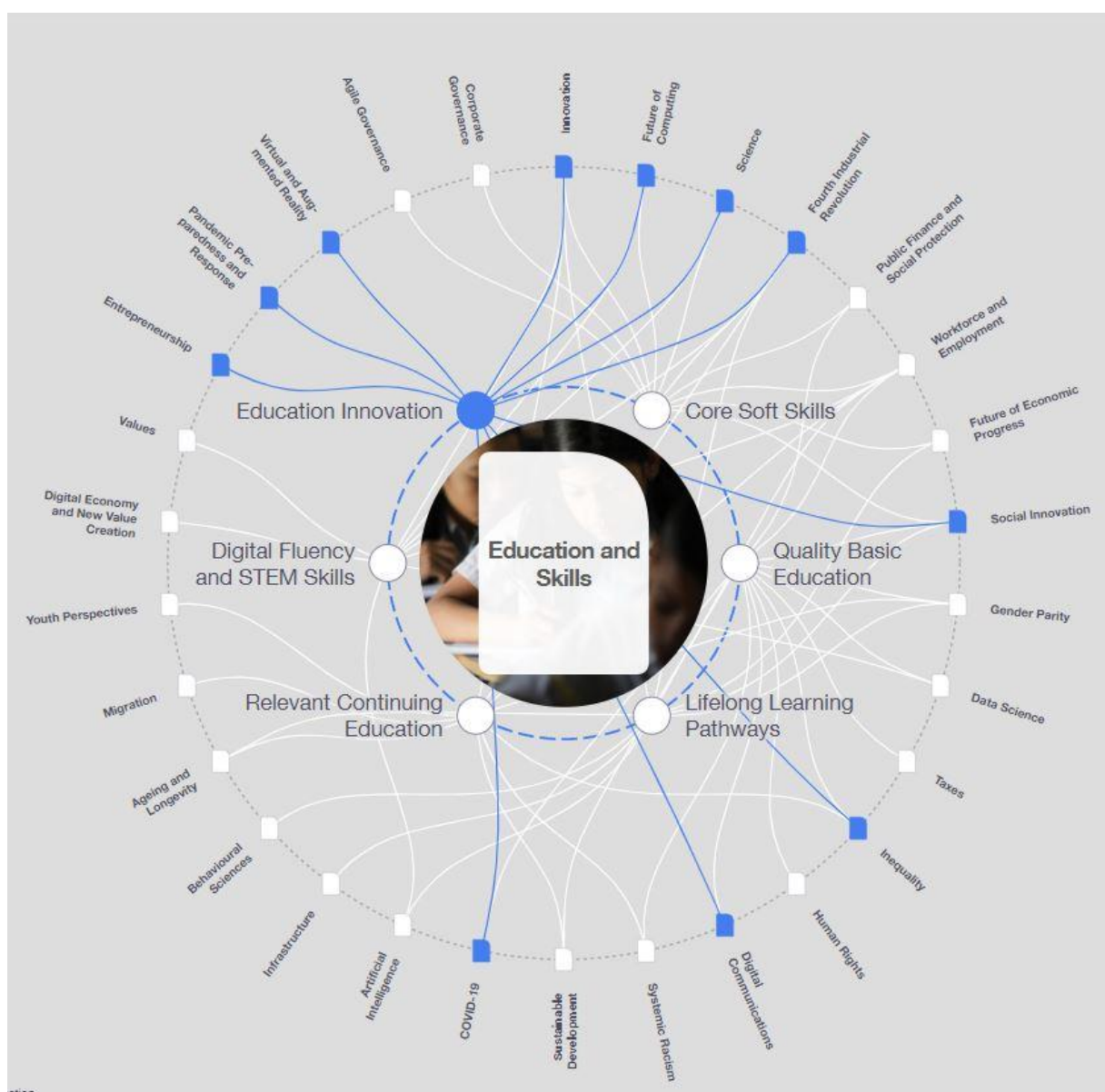


Fonte: Gartner, (2018)

Com os avanços em estudos de neurociência e o crescente poder da computação é possível desenvolver tecnologias para pesquisas em processamento de sinal. Porém as investigações estão ainda em estágio inicial. Ainda há poucas inovações com técnicas que permitem navegar espacialmente em um ambiente em 3D simulado, por exemplo. Conforme o Fórum Econômico Mundial novas tecnologias que são apresentadas na Figura 12 abordam a educação e habilidades nessa gama de opções de inovação citadas como: realidade virtual e aumentada, empreendedorismo, inovação, futuro da computação, ciência, inovação social, e a comunicação digital. Tendências crescentes na informatização e na inteligência artificial apontam cada vez mais desafios para a comunidade acadêmica ao introduzir estas tecnologias em sala de aula. No mundo da ciência é possível investigar e buscar muitas inovações como essas citadas e desenvolver sistemas com diversas identificações como esta pesquisa aborda na questão do estado atencional do participante para auxílio e complemento ao professor mediador no ambiente escolar. Durante a escrita desta tese em 2021, somente neste ano já foi recorde em financiamento de projetos de interface cérebro-computador, triplicando os valores arrecadados em 2019. Os projetos envolvem a tradução de ondas cerebrais humanas em comandos

compreensíveis por máquina, permitindo que as pessoas operem um computador, por exemplo com sua mente. A empresa BCI de Elon Musk, Neuralink, anunciou um financiamento de US\$ 205 milhões para realizar testes clínicos em seus produtos em desenvolvimento. Os avanços tem uma perspectiva nesse campo tornando as promessas das interfaces cérebro computador mais tangível do que antes. Registrar a atividade cerebral para traduzir os sinais neurais em comandos, como mover itens de braço robótico, digitação mental ou até falar através de pensamento. O motor por trás dessas poderosas traduções é o aprendizado de máquina que reconhece padrões de dados do cérebro e é capaz de generalizar esses padrões em muitos cérebros humanos.

Figura 12 Estratégias inteligentes para o uso em habilidades na Educação



Fonte: Adaptado de Fórum Econômico Mundial, (2021).

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da Pesquisa

O estudo foi desenvolvido através de uma pesquisa quantitativa, que envolve o processamento de sinais de EEG, análise e classificação dos dados de respostas dos participantes voluntários. Também foram realizados testes de atenção investigando a tomada de decisão no contexto do conteúdo abordado no vídeo.

Os processos de aprendizagem dependem fortemente da atenção de cada estudante. Além disso, um conhecimento mais detalhado sobre o conteúdo proposto no vídeo, altera a motivação pela atenção. Devido a esses fatos, qualquer mecanismo que ajuda a analisar a atenção dos estudantes é de grande importância. Com base nisso, foram apresentados os conteúdos dos vídeos interativos que fornecem diferentes métodos de interação.

O presente estudo utilizou o sistema de informação baseado na web, uma plataforma que possibilita enriquecer vídeos de aprendizagem com diferentes métodos de interação e comunicação. A plataforma oferece os seguintes métodos de interação. Perguntas simples: questões gerais que não estão relacionadas com o conteúdo do vídeo. Aleatório e automático, usados para fornecer interatividade se não houver uma pergunta relacionada ao conteúdo. Pergunte ao professor; os estudantes podem fazer uma pergunta ao professor usando uma caixa de texto fornecida. Perguntas baseadas em texto; no vídeo ele pode colocar a questão em uma posição específica antes de liberar o vídeo. Pergunta de múltipla escolha; perguntas reais de múltipla escolha, ou perguntas com verdadeiro e falso. O professor pode adicionar essas perguntas em posições pré-definidas no vídeo.

Esse tipo de pesquisa em estudo de caso exige do pesquisador múltiplas competências, já que o mesmo participa em todas as etapas do processo, desde o planejamento até a análise e interpretação dos dados, bem como requer um conhecimento aprofundado do seu objeto de pesquisa, de modo a conduzir com rigor todos os passos (YIN, 2015).

A pesquisa quase-experimental elimina o problema da direcionalidade. Ela é frequentemente realizada para avaliar a eficácia de um tratamento ou uma intervenção educacional. Os pesquisadores podem usar o design de grupos semi-equivalentes para tomar medidas para garantir que sejam tão semelhantes quanto possível. Num exemplo, o pesquisador seleciona dois grupos na mesma faixa etária, onde os participantes dos dois grupos têm conhecimentos e grau de estudo semelhantes num teste inicial com o conteúdo abordado. A

adoção dessas medidas aumenta a validade interna do estudo porque elimina algumas das variáveis de confusão mais importantes.

Além disso, também serão solicitados alguns dados pessoais, tais como, grau de escolaridade que o participante possui, idade e interesse pelo conteúdo. Estes dados serão analisados, a fim de verificar evidências com a atenção na atividade, o desempenho e o interesse por matérias científicas. Todas as informações serão analisadas estatisticamente para encontrar parâmetros mais significativos.

4.2 Sujeitos da Pesquisa

Por se tratar de um estudo de caráter quantitativo, as amostragens utilizadas foram de um número específico de participantes, em forma de grupos em um total de dez participantes. Como possuímos apenas dois equipamentos disponíveis, tivemos uma amostra pequena para o estudo, e também em consequência da pandemia em que tivemos o acesso restrito aos participantes voluntários. A pesquisa foi desenvolvida com os participantes voluntários e de proximidade com convívio e contato com a pesquisadora, observando os protocolos de segurança sanitária estabelecidos para a pandemia de Covid-19. Os participantes escolhidos são de nível de ensino médio e graduação. À escolha deste perfil dentro do possível justifica-se pelo fato de que existe a motivação dos participantes sobre o conteúdo abordado.

4.3 Procedimentos

Os critérios para a escolha do equipamento foram: Fácil acesso aos dados; o equipamento se comunica com o computador através de um Bluetooth tornando os dados acessíveis para ter o feedback das análises; o sistema pode ser considerado de baixo custo, viabilizando a pesquisa; o equipamento fornece valores e medidas através das ondas referentes aos estados mentais;

As características do equipamento são: Comunicação *bluetooth* e pareamento com o computador; Compatibilidade com os sistemas versão Windows e Android; com o dispositivo estando em atividade, os dados se tornam disponíveis em tempo real. Os sinais podem ser brutos e espectro de potência do EEG na forma de ondas cerebrais (alpha, beta, gama, delta e theta). As ondas alpha, beta e gama são divididos em altas e baixa para propósitos de análise, atualizados uma vez por segundo; O EEG faz a atualização da ocorrência instantânea através

do algoritmo do sensor. A Qualidade dos sinais tem a ver com a eletricidade e o ruído observado.

Cabe salientar que os dados coletados para a pesquisa ficarão armazenados em mídia eletrônica particular por cinco anos, em um documento protegido por senha, sob a responsabilidade da pesquisadora.

4.3.1 Etapa 1

Na etapa 1, são apresentadas as conexões das tecnologias envolvidas. Os participantes estavam sentados confortavelmente em uma cadeira com acesso a um computador sob a mesa com a tela de fácil visualização, portanto, limitando o acesso a outros ruídos de sons e objetos para não ocorrer interferências. Os sinais foram registrados nos grupos A e B.

Na parte inicial há um envolvimento com o usuário e suas conexões com o sensor, *bluetooth* e os processos de leitura de sinais nos módulos do sistema.

O período do estudo, incluindo as fases acima citadas, teve duração de seis meses, envolvendo pré-produção, produção e pós produção dos materiais. A pré produção foi concluída em duas etapas. Na primeira etapa, foi realizada a pesquisa sobre o conteúdo abordado no vídeo. Para isso, os principais vídeos que retratavam os vídeos educativos sobre ensinamentos do cérebro foram investigados na literatura. Para o desenvolvimento das questões de múltipla escolha, eles foram pensados devido a sua linguagem específica sobre conhecimentos gerais. Após a elaboração do conteúdo do roteiro das perguntas durante o vídeo, o material foi submetido para validação dos pesquisadores. Esta etapa de validação pode ser definida como verificação da relevância do item proposto pelo material de estudo e sua representatividade em relação aos objetivos. Os aspectos considerados no conteúdo consistiram em uma ideia conceitual e relevância do tema.

Os elementos interativos no vídeo foram concentrados no tema abordado sobre conhecimentos do cérebro. Houve a concentração na parte superior onde é mostrada as edições acima no cabeçalho. Por padrão é necessário carregar o vídeo e adicionar interações e tarefas. Essas etapas representam um fluxo para a criação do vídeo interativo.

Na Figuras 13 são apresentadas as edições com o uso da plataforma H5P.

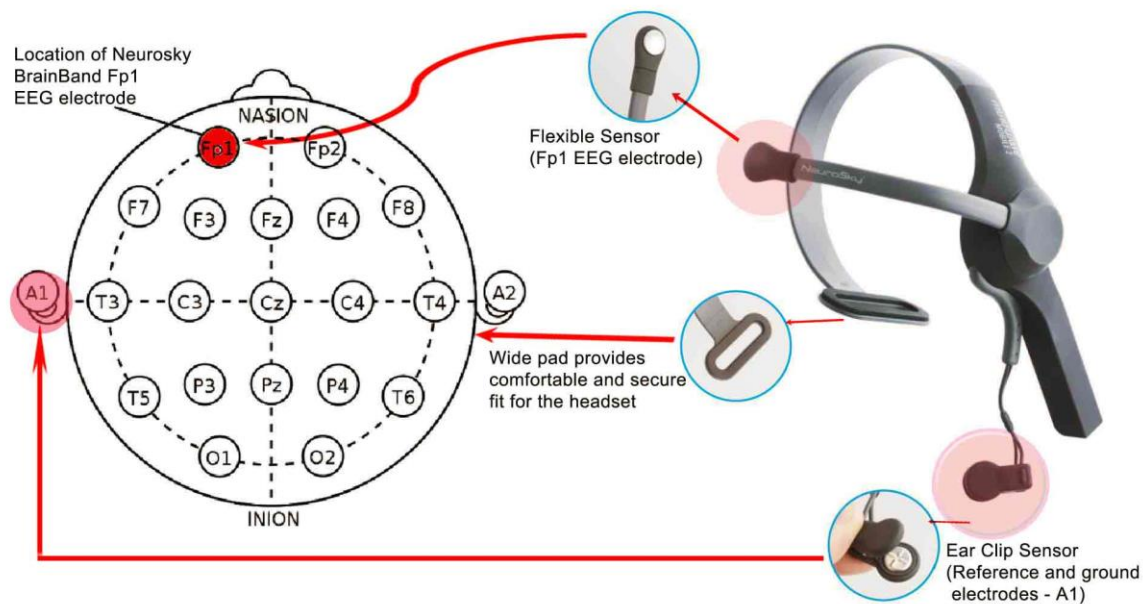
Figura 13 Edição do conteúdo com upload

The screenshot displays the H5P editor interface, specifically the 'Upload/embed video' step. At the top, there are three tabs: 'Step 1 Upload/embed video' (active), 'Step 2 Add interactions', and 'Step 3 Summary task'. Below the tabs, the main content area features a heading 'Add a video (upload limit 16 MB)*' followed by instructions: 'Click below to add a video you wish to use in your interactive video. You can add a video link or upload video files. It is possible to add several versions of the video with different qualities. To ensure maximum support in browsers at least add a version in webm and mp4 formats. Note: To avoid abuse, H5P.org has limited file size on uploads to 16 MB. To use larger files you must use H5P.com or host your own website with H5P.' Below the text is a YouTube logo with a close button. Underneath the logo is an 'Edit copyright' button. Two expandable sections are visible: 'Interactive Video' and 'Text tracks (unsupported for YouTube videos)'. At the bottom right, there is a 'Next Step' button with a right arrow and the text 'Add interactions'.

Fonte: Adaptado de H5P, (2021).

Na Figura 14 é ilustrado o fluxograma do processo de conexão e sua utilização.

Figura 14 Fluxograma do processo de conexão e utilização

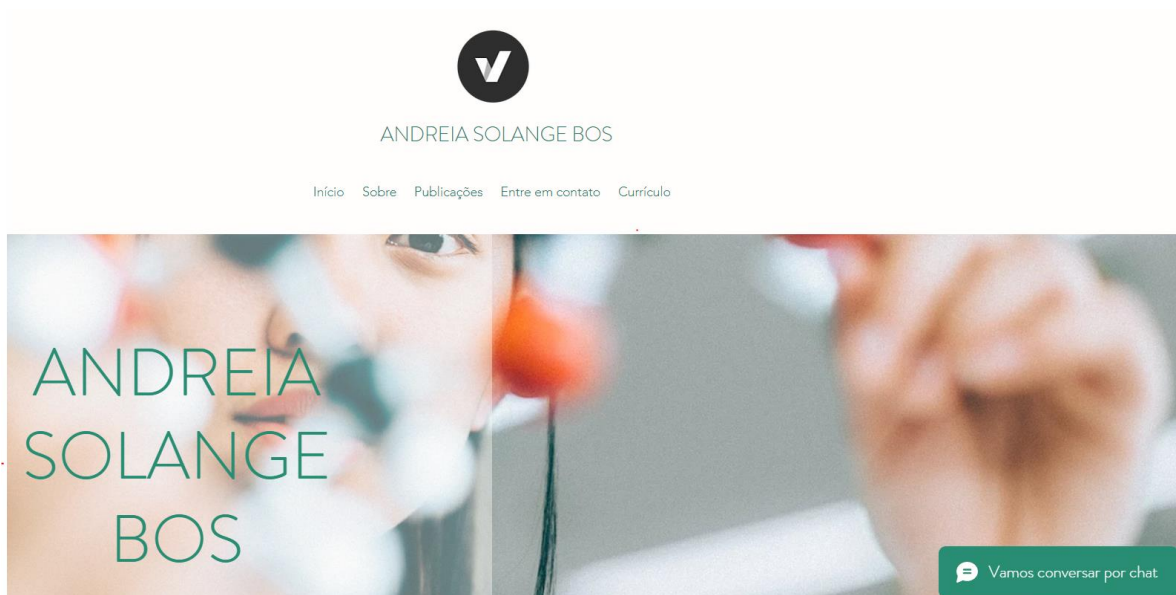


Fonte: adaptado de Neurosky, (2021).

4.3.2 Projeto de desenvolvimento do website

Como parte da pesquisa foi elaborado o website da pesquisadora para fins de divulgação da pesquisa que encontra-se no endereço <https://andreiabos.wixsite.com/website-1> que tem por finalidade a divulgação dos artigos de pesquisa publicados e o incentivo a pesquisa na área para desvendar a complexidade e imensa interconectividade dos mecanismos do cérebro. Nas Figuras 15 e 16 são mostradas as funcionalidades das páginas dos sites.

Figura 15 Website do projeto



Fonte: Da autora, (2021).

Figura 16 Website da pesquisa



Fonte: Da autora, (2021).

5 RESULTADOS

Para a pesquisa desta Tese, foram realizados alguns estudos e publicações com resultados e observações que serão citados nas etapas seguintes.

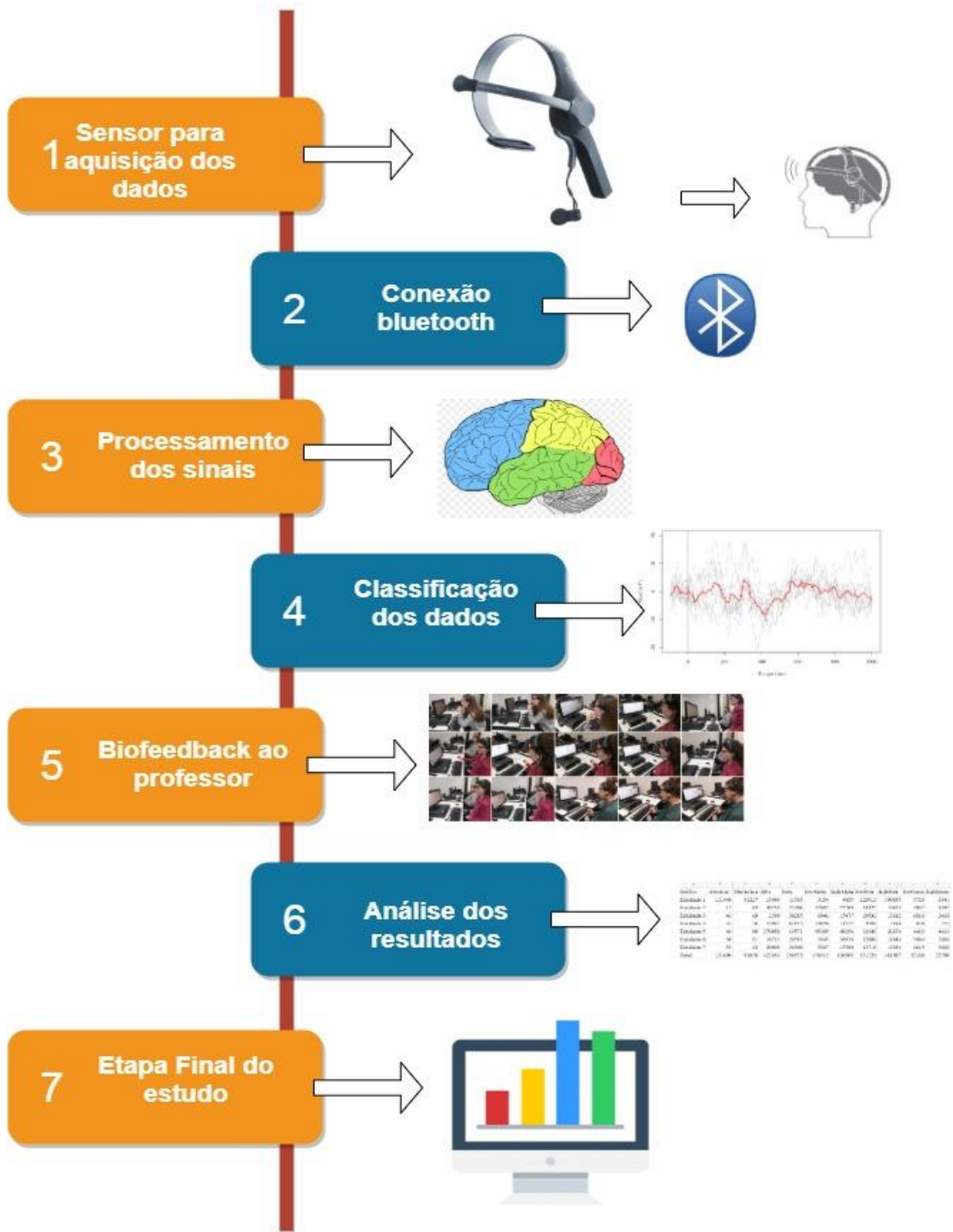
A pesquisa se estabelece buscando a compreensão de um determinado assunto e não a comprovação de hipóteses, uma vez que as mesmas vão aparecendo no decorrer do tratamento do corpus de análise.

A pesquisa tem por finalidade o enriquecimento acadêmico e espera-se contribuir para a produção de conhecimento na área da Informática na Educação, no que diz respeito à construção de conhecimentos científicos e ao desenvolvimento de atitudes científicas pelos estudantes. No decorrer da análise dos dados a seguir surgem elementos capazes de auxiliar a compreensão e a clareza para os processos de ensino e aprendizagem de modo a atender as lacunas atuais.

Pelo fato de se tratar de uma pesquisa quase-experimental na área da educação, nem sempre os benefícios serão diretos aos participantes da pesquisa (considerando todos os sujeitos envolvidos). Outros benefícios obtidos serão evidenciados a partir do conhecimento gerado pela pesquisa e pelas publicações de artigos científicos, que estarão disponíveis ao público geral e em especial à comunidade de educadores. Na Figura 17 é apresentado o diagrama do estudo.

Na Figura 17 é apresentado o diagrama do estudo.

Figura 17 Diagrama do estudo



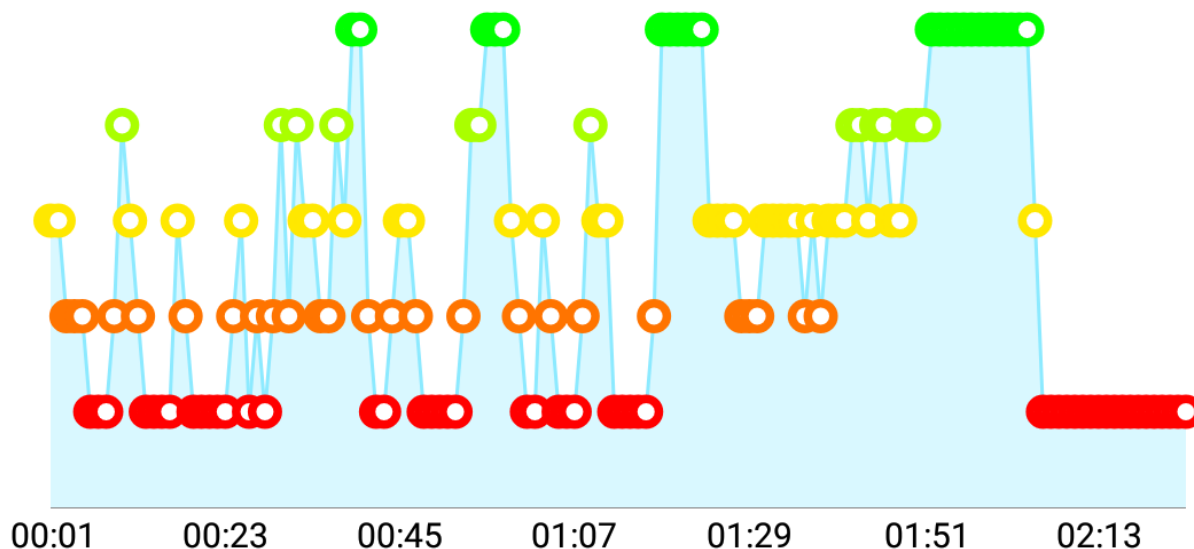
Fonte: Da autora, (2021).

5.1 Dados do Estudo 1 ¹¹ Atenção do aluno: o uso de sensores de ondas cerebrais em vídeos interativos

Para a coleta de dados foram utilizados até o momento alguns aplicativos para uso em testes para extrairmos os resultados. Em um primeiro momento foi utilizado o aplicativo Effective Learner conforme abordado acima. Nesse estudo é mostrado os dados mais significativos encontrados na pesquisa, baseada nas informações coletadas. Os voluntários foram submetidos a duas tarefas diferentes: (1) uma leitura de duração de 3 minutos, disponível na plataforma Moodle; (2) um vídeo interativo de 3 minutos, com o mesmo conteúdo mostrado na atividade 1. Os dados foram obtidos em horário extra-classe na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com alunos de graduação. Os achados foram obtidos com base em dois cenários: (1) uma leitura na plataforma Moodle; (2) assistindo um vídeo interativo. Nas duas situações, os alunos usaram o NeuroSky em para detectar ondas cerebrais e avaliar a o status e nível de atenção.

Os resultados do estudo piloto com a utilização do Effective Learner estão citados na Figura 18

Figura 18 Estado de atenção durante o uso da leitura.



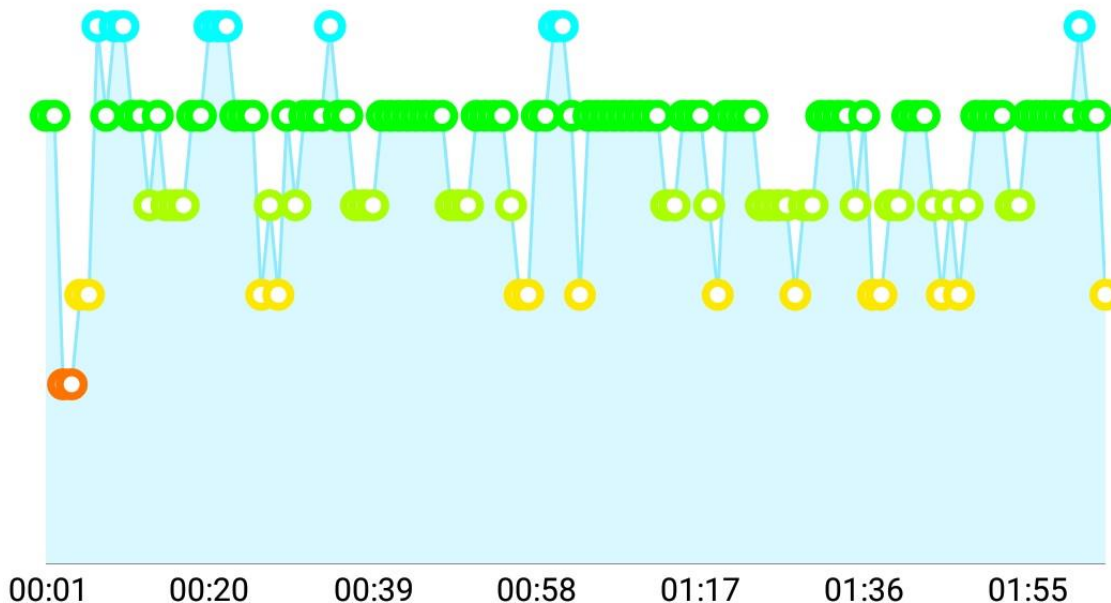
Fonte: Da autora, (2021).

O aplicativo Effective Learner fornece, como resultado final de atenção, a soma das porcentagens nos níveis mais altos de atenção, ou seja, a soma das porcentagens referentes em

¹¹ Artigo publicado em: <https://ijaers.com/detail/student-s-attention-the-use-of-brain-waves-sensors-in-interactive-videos/>

cores azul, verde escuro e verde claro. Observa-se que 34,7% dos estudantes não estavam efetivos, 21,5% eram intermediários e 16,7% eficaz. A Figura 19 mostra o estado de atenção durante o uso do vídeo.

Figura 19 Estado de atenção durante o uso da sessão com o vídeo



Fonte: Da autora, (2021).

Está claramente demonstrado nas evidências da Figura 18 e 19, que a atenção é maior na Figura 19, quando comparada à Figura 18. Como pode ser observado na Figura 19, os estudantes apresentaram maior níveis de atenção durante a exposição do vídeo. No entanto, é importante ressaltar que essa maior atenção observada durante a exposição ao vídeo pode ser devida a elementos que distraem. Oscilação e confusão podem ser observadas durante os primeiros minutos do vídeo, em que o aluno ainda está imaginando o que está acontecendo, tentando encontrar a teoria que se encaixa no conteúdo. Tais oscilações envolvem a possível retomada do pensamento e a organização de novas ideias para estímulos de resposta, bem como a releitura de cada alternativa. De acordo com a Teoria de Ausubel em Psicologia educacional 1980, há sinais de representação e conceitos na aprendizagem significativa, porque o aluno é capaz de pensar o fenômeno e atribuir significados a eles. Nas Figuras 20 e 21 são mostrados os participantes do estudo.

Figura 20 Participantes do estudo



Fonte: Arquivos da autora, (2021).

Figura 21 Participantes do estudo com o uso da mídia interativa



Fonte: Arquivos da autora, (2021).

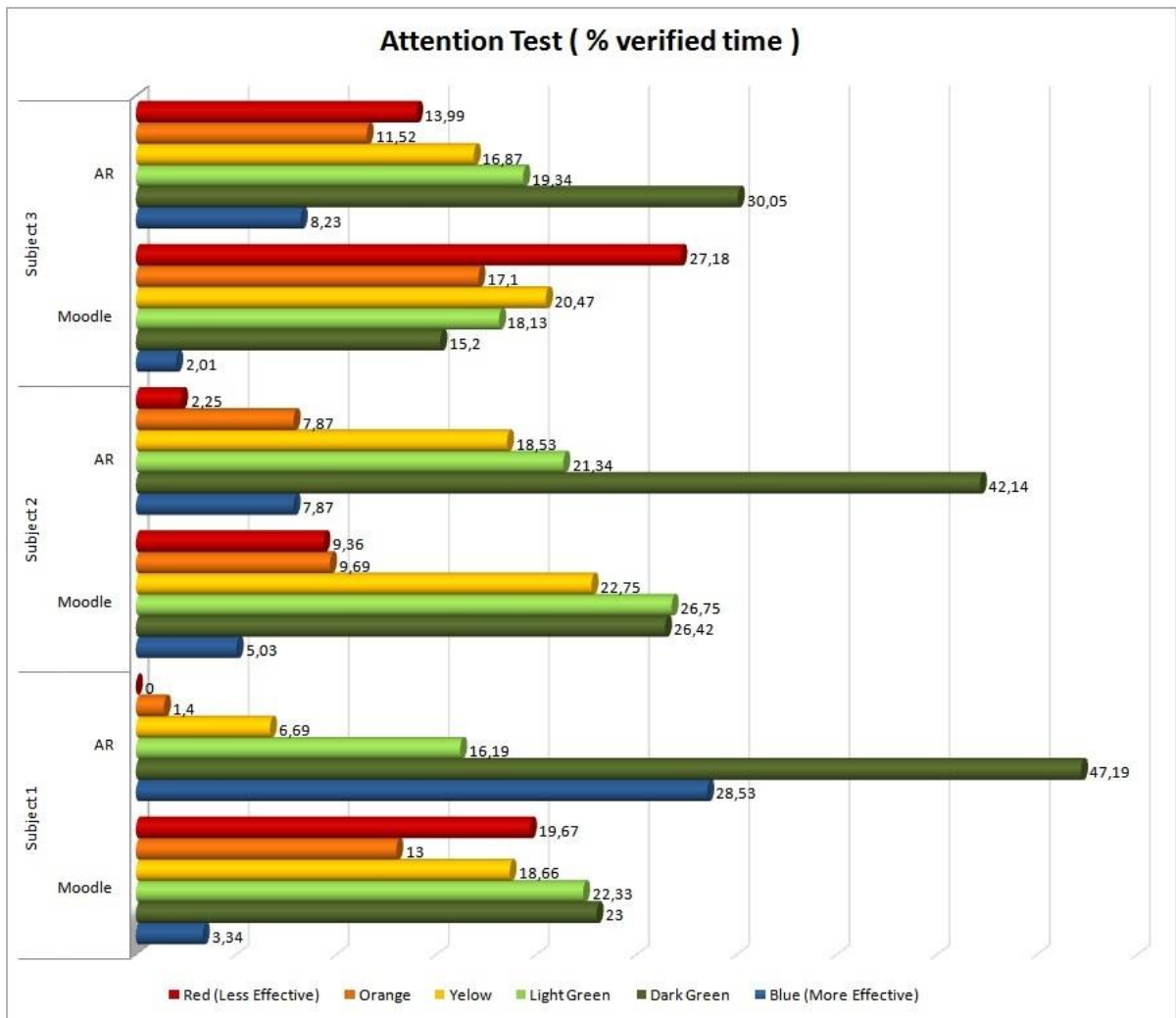
5.2 Dados do Estudo 2¹² Tecnologia educacional e suas contribuições no foco e atenção dos alunos em relação aos ambientes de realidade aumentada e ao uso de sensores

Durante os estudos, os participantes estavam equipados com o *headset* MindWave Mobile, utilizado com a intenção de realizar a leitura das ondas cerebrais emitidas pelo córtex pré-frontal dorsolateral dos participantes no decorrer das interações com os conteúdos de Física no Moodle e no aplicativo de RA.

A partir dos resultados obtidos, foi possível observar um elevado nível de concentração dos participantes na utilização do aplicativo de RA. Ao verificar as médias totais entre os valores tidos como “Mais efetivo” e “Menos efetivo”, foi possível evidenciar de maneira mais contundente que os recursos de RA promovem uma diferença significativa na atenção focada dos participantes, conforme os extremos medidos, nos quais o nível “Mais efetivo” apresentou um aumento de 11.41% durante o uso do aplicativo de RA, enquanto o nível “Menos efetivo” teve um valor 13.32% menor. A intensidade de atenção no gráfico ilustrado nas cores em azul apresenta níveis mais elevados de atenção e mais efetivo nas medidas obtidas e as cores em vermelho representam a menor de atenção e menos efetivo. Observando que o ambiente em que os testes foram realizados não apresentou elementos distratores, possibilitando maior foco de concentração em todos os casos. Na Figura 22 é mostrada os níveis de atenção dos participantes durante o uso das tecnologias.

¹² Artigo publicado em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0735633119854033>

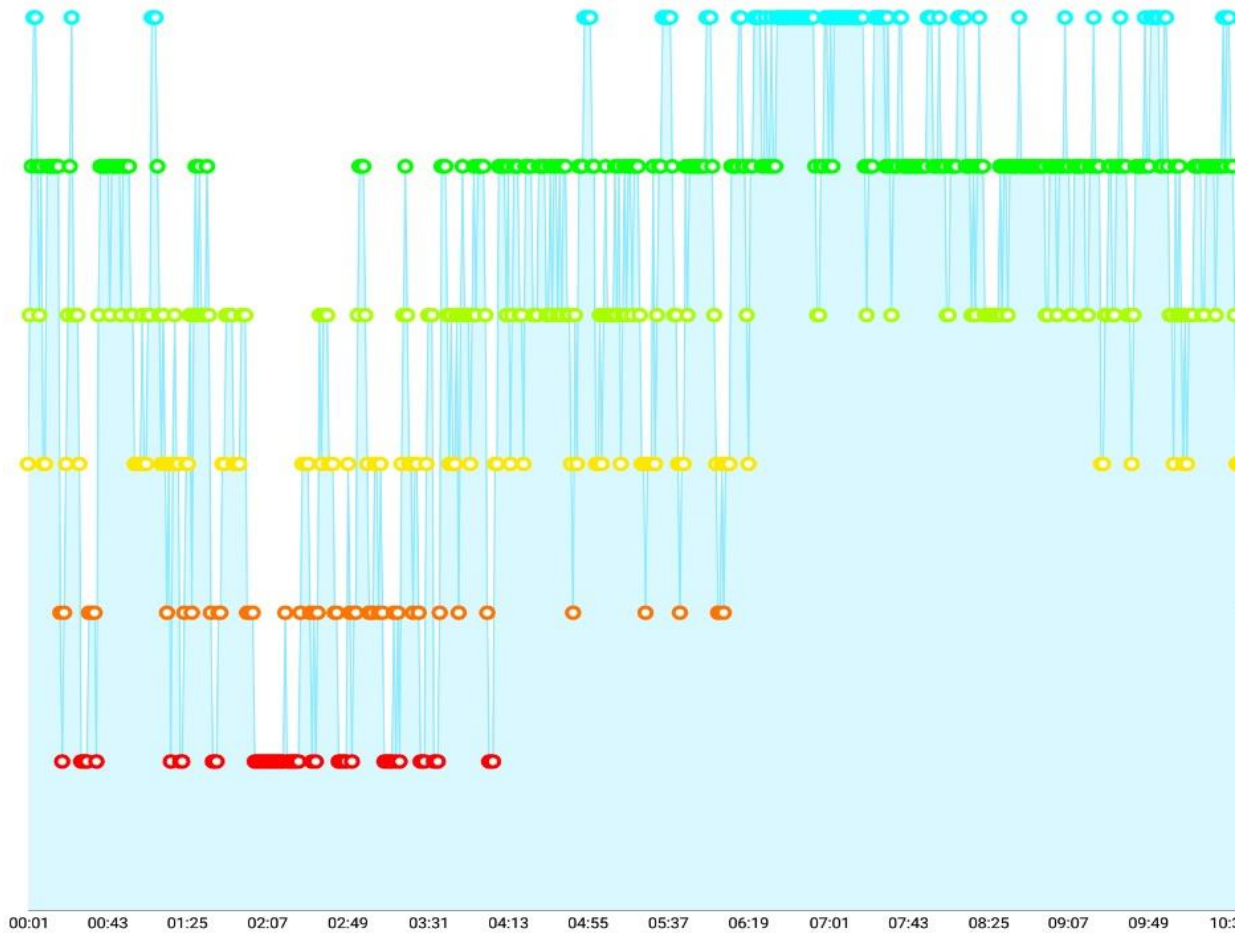
Figura 22 Níveis de atenção dos participantes durante o uso das tecnologias



Fonte: Da autora, (2021).

Outro aspecto observado durante as interações dos participantes com o aplicativo de realidade aumentada, consiste nos recursos multimídia com os quais interagiram. Foi possível verificar que, além do impacto positivo ocasionado pelo uso da realidade aumentada, outros recursos foram importantes para o aumento no nível da atenção através da inserção de objetos virtuais ao conteúdo tradicionalmente visualizado pelo participante. Tais recursos foram, por exemplo, as simulações interativas em que o participante tinha a possibilidade de configurar os parâmetros envolvidos na execução do experimento, complementados com imagens, vídeos e textos explicativos sobre os conteúdos pertinentes à simulação em questão. A Figura 23 mostra a medida referente aos níveis de atenção do estudante.

Figura 23 Níveis de atenção dos participantes



Fonte: Da autora, (2021).

A Figura 23 representa a medida realizada com o aplicativo Effective Learner referente ao Sujeito 1. O gráfico apresenta os graus de atenção e o tempo de duração da medida. O tempo de duração do experimento com o Sujeito 1, foi de dez minutos. Durante os primeiros cinco minutos, o estudante fez o uso da AVEA Moodle, posteriormente foi instruído a realizar um minuto de intervalo e, no decorrer dos últimos cinco minutos, fez uso do aplicativo de realidade aumentada. Acerca dos últimos cinco minutos, observou-se que o Sujeito 1 alcançou o seu pico de atenção (ilustrado nas cores em azul), o que demonstra maior concentração dedicada nas atividades que estava realizando junto ao aplicativo de realidade aumentada. Esta conjuntura apresenta indícios de que os recursos em realidade aumentada podem influenciar positivamente no processo de aquisição de conhecimento do estudante.

Também é possível observar que houve um aumento percentual dos níveis mais elevados de atenção do Sujeito 1. Os autores atribuem esse aumento ao ambiente controlado em que os testes foram executados, bem como em decorrência da ausência de elementos distratores. Esse percentual envolve as possíveis recuperações e estímulos de pensamentos para

organização de novas ideias para a tomada de decisão. Como elementos distratores entendemos todos ruídos, sinais visuais ou mesmo a circulação de pessoas que venha a causar interrupções na atenção no processo de aprendizagem. Como já mencionado estes elementos foram eliminados do ambiente de testes, mas durante as aulas estes elementos deveriam ser evitados e preferencialmente eliminados.

Cabe ainda ressaltar que durante os testes, o índice referente à maior efetividade (barra azul) nunca ultrapassou níveis acima de 30%. Esta perspectiva demonstra que mesmo utilizando os recursos de realidade aumentada, ainda é necessário a continuidade das investigações, com vistas a descobrir quais recursos são capazes de promover o aumento da atenção durante a execução de atividades educacionais e, por consequência, também durante o processo de aprendizagem.

Na obra *The neuropsychology of attention*, Cohen, Sparling-Cohen e O'Donnell (1993) destacam que palavra atenção é parte integrante do vocabulário regular e cotidiano das pessoas. Dessa forma, a atenção deve ser entendida como uma coleção de processos cognitivos que produzem resultados reconhecíveis, e não como um processo único.

A atenção, portanto, tem um papel fundamental na aquisição e na construção do conhecimento, pois os processos envolvidos para que ela ocorra permitem que o sujeito mantenha o foco no que quer aprender.

Melo, em Melo e Gonçalves (2009), faz uma revisão das bases biológicas da atenção, apresentando estudos com evidências empíricas das principais hipóteses neurofisiológicas. O autor também salienta um grande foco das pesquisas neurofisiológicas no campo da atenção visual, em detrimento dos outros canais sensoriais.

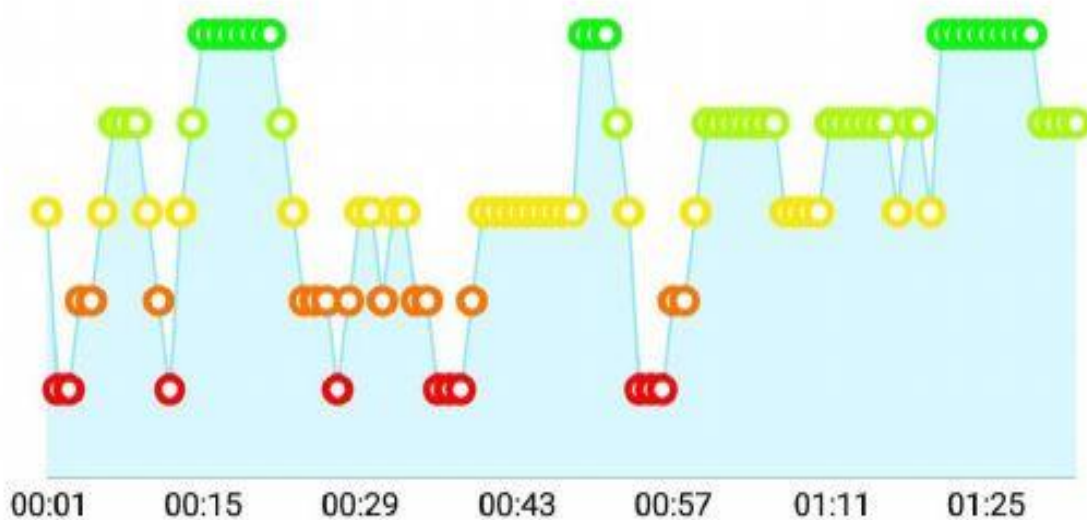
5.3 Dados do Estudo 3 Evidências e o desempenho da atividade cerebral

Neste estudo, o sujeito foi convidado a fazer o uso da plataforma de vídeos interativos. Foi convidado um estudante de ensino superior da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Durante o uso do Neurosky foi possível evidenciar a atividade cerebral do estudante em pesquisa. Para maximizar o feedback das ondas cerebrais mais especificamente do córtex frontal onde se encontram as funções executivas de aprendizagem, foi possível diagnosticar que a atenção do estudante teve oscilações mais positivas de efetividade durante o uso do vídeo interativo e justamente quando o mesmo teve que responder ao *checklist* com perguntas e respostas durante o seu uso através de estímulos visuais.

O estudo apresentado a seguir mostrou maior relevância para a pesquisa educacional. Na figura 24 são mostrados o desempenho e a atividade cerebral do estudante durante o estudo.

Figura 24 Desempenho da atividade cerebral



Fonte: Da autora, (2021).

O tempo de duração do teste foi de 1,33 minutos considerando pouco efetivo e muito efetivo conforme o Effective Learner mostra fornecendo valores e medidas através das ondas referentes a estados mentais, via bluetooth, a um computador que esteja pareado e com um aplicativo instalado. 10,08% do tempo de uso foi evidenciado de pouca efetividade nos tempos de 00,01 min no início do teste por estar ainda acoplando as primeiras informações. No tempo 00.15 ele apresentou novamente pouca efetividade por estar interpretando a primeira questão,

após no tempo 00.29, 00.43 e 00.57 oscilou para baixo por desviar a atenção do foco em responder corretamente à questão, somando assim um total de 10.08%. Ainda no pouco efetivo nas cores em laranja é demonstrado um tempo de 14% que oscilou nos tempos 00.02, 00.14, 00.28, 00.41, 00.56. As cores em amarelo apresentaram uma oscilação positiva nos tempos 00.03, 00.15, 00.29, 00.43, 01.12 totalizando 28% do total. Nas cores em verde claro a efetividade oscilou positivamente nos tempos 00.05, 00.16, 00.28, 00.57, 01.11, 01.25 totalizando 26,09% do total. Nas cores em verde escuro a efetividade se mostrou positivamente nos tempos 00.15, 00.55, 01.20, totalizando 20,4% do total.

Durante o tempo total do teste somando as cores em verde claro e verde escuro que tiveram juntos uma soma de $26,9+20,4 = 47,3$ conclui-se que teve uma maior efetividade atingindo assim quase que 50% do tempo como um todo sendo efetivo, pode se considerar que o estudante esteve mais atento e atingindo assim um grau de atenção de maior consideração durante o uso do vídeo interativo.

5.4 Dados do Estudo 4¹³ Efeitos da onda binaural como estímulo para a Hiperatenção do Estudante: registros de frequências cerebrais no contexto de mídia interativa

Para este estudo foi utilizado o aplicativo Effective Learner como ferramenta de registro das ondas cerebrais. Com uma interface bastante simples, o aplicativo traz gráficos de setores e de linha, sem limite na medida de tempo, podendo armazenar e compartilhar os dados.

Para saber o grau de contribuição que o sistema de leitura cerebral disponibiliza, juntamente com o sensor de biosinais, estamos propondo investigar os tipos de atenção dos estudantes durante o estudo. Para capturar as ondas cerebrais, usamos o mindwave Neurosky que contém um chip EEG TGAM (Think Gear AM) que coleta as ondas cerebrais na forma de pulsos elétricos. Os pulsos elétricos são produzidos na cabeça sempre que dois neurônios se comunicarem (REBOLLEDO-MENDEZ,2009).

Este artigo apresenta um estudo sobre o efeito da batida binaural no cérebro humano durante o processo de leitura de um texto. Nesse estudo realizamos experimentos em 2 sujeitos e gravamos suas ondas cerebrais. Os sujeitos da pesquisa são estudantes do curso de Matemática da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), com idade entre 20 e 28 anos, com o grau de conhecimento similar. Os dados foram adquiridos através de um sistema de leitura de frequências cerebrais abordado acima. Cada experimento durou cerca de 7 minutos com sons binaurais de alpha de 10Hz. Essas batidas foram tocadas durante a leitura do texto.

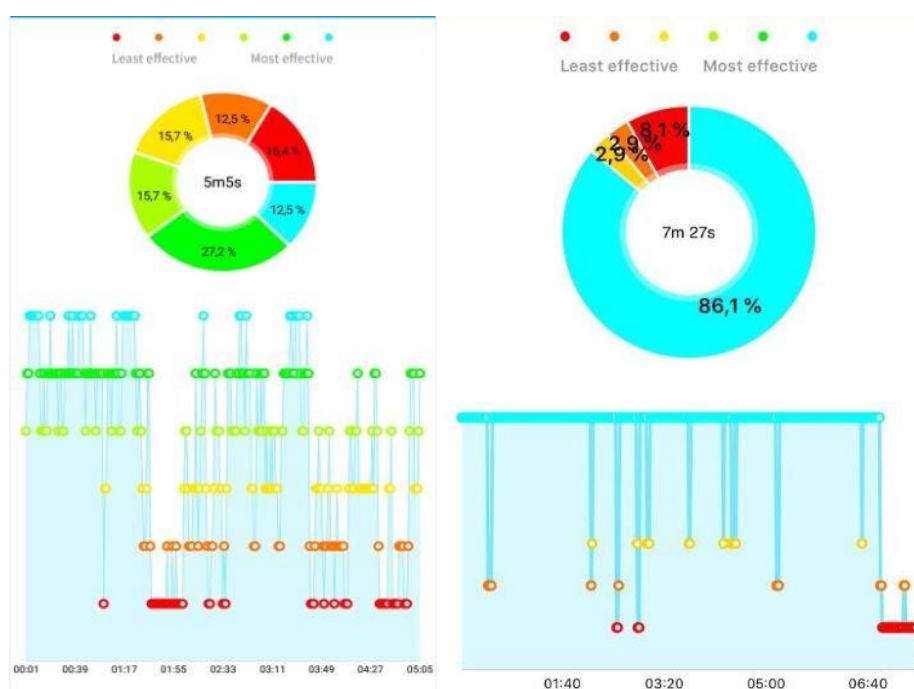
O estudo apresenta a discussão sobre como a onda alfa domina sobre as outras três frequências (beta, teta e delta). A melhor maneira de se observar é através da onda que cria um sistema auditivo ilusório com faixas de frequências mais baixas no cérebro (abaixo de 50Hz). O cérebro tem diferentes experiências para diferentes faixas de frequência (MORA, 2013). Na faixa alpha, um indivíduo tende a ser mais relaxado e calmo, em estado de meditação leve. Os gráficos também são plotados para o nível da atenção (BOS *et al*, 2019a). As medidas de atenção em cada um dos estudantes foram feitas pelo Mindwave em unidades de millivolts.

Os resultados desta pesquisa mensuraram se esse tipo de indução de frequência pode estimular a atenção dos estudantes. Os gráficos para atenção foram plotados e os valores foram apresentados nos mesmos. Os valores médios de atenção foram considerados para o uso da leitura do texto e quando da visualização do vídeo interativo. Na figura 3 é mostrado o estudo do estudante A com a visualização de um vídeo e a leitura de um texto. Na figura 3 à esquerda

¹³ Artigo publicado em: <https://ijaers.com/detail/effects-of-the-binaural-wave-as-a-stimulus-for-student-hyperattention-brain-frequency-records-without-interactive-media-context/>

é mostrada o uso da tecnologia da mídia interativa, em que o estudante esteve 27,2% com a atividade cerebral mais efetiva, e 12,5% muito efetivo. Já na figura 3 do estudante A, à direita que mostra a atividade cerebral durante o uso da leitura de um texto, porém com o uso de uma trilha sonora com som na frequência binaural em 10Hz, percebe-se nitidamente que o estudante esteve com 86,1% muito efetivo em sua atividade cerebral com o estímulo ocasionado com a interferência ao ouvir em simultâneo a frequência binaural. Na Figura 25 é apresentado os resultados dos experimentos do Estudo A.

Figura 25 Estudo A

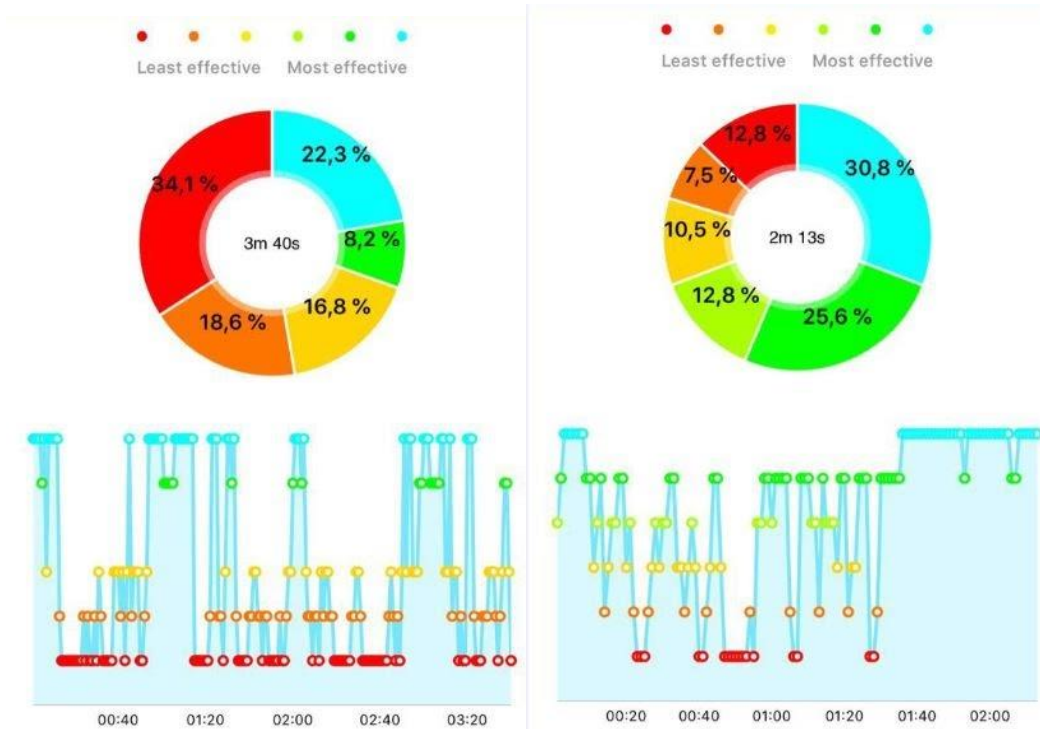


Fonte: Da autora, (2021).

No estudo B da Figura 26, o resultado apresentado mostra o gráfico com o uso da mídia interativa sem o uso da frequência binaural. Os resultados mensurados apontam que do tempo de 3 minutos e 40s, o estudante esteve no estado de pouca efetividade em 34,1%. Seguido de muita efetividade em 22,3%, oscilando para baixo em 18,6%, após em decrescendo a 16,8% e por último em 8,2%. Já no gráfico a direita onde são apresentadas as efetividades das atividades cerebrais do estudante, tem se o resultado com a interferência da onda binaural de 10Hz. Na atividade com a leitura e ouvindo o som binaural o estudante apresentou 30,8% de atividade cerebral oscilando positivamente. Seguido de 25,6% oscilando em diferença média. Após as medidas gravadas foram de 12,8% em muito efetivo para mais e ao mesmo tempo, 12,8% pouco

efetivo com poucas oscilações, essas frequências foram idênticas em suas métricas. Após o estudante ainda traz oscilações para baixo em 10,5%, seguida de 7,5% pouco efetivo.

Figura 26 Estudo B



Fonte: Da autora, (2021).

Na Figura 27 são mostradas as imagens dos estudantes durante o experimento, com o uso da interface cérebro computador. Os experimentos são baseados na intensidade da atenção e nos estímulos neuronais existentes. O estado de atenção do estudante é investigado durante a coleta de dados.

Figura 27 Estudantes durante o experimento



Fonte: Arquivo da autora, (2021).

O uso das TIC's no ensino-aprendizagem ocorre num processo em que uma nova ferramenta é incluída para resolver problemas. Professores assim como estudantes, estão dispostos a usá-los, por exemplo, aplicativos educacionais, sistemas inteligentes e aceitam que esses aplicativos tem um grande potencial para melhorar o processo educacional.

Os resultados dos dados do estudo indicam que em diferentes regiões do cérebro e com vários tipos de estimulação, ocorrem as atividades cerebrais significativas na faixa de frequência específica. Isso permite o uso de ondas binaurais para aplicação na aprendizagem e foco do estudante. Assim o pulso binaural é um recurso que permite modificar o estado de espírito de um estudante. Ao submeter o cérebro a essas ondas, é possível evidenciar a estimulação e a sincronização nos processos mentais.

Ao comparar os resultados dos níveis de atenção alcançados pelos estudantes durante a técnica utilizada, houve diferenças significativas (BOS et al, 2019a). Isso se deve ao fato de ambos os estudos serem estruturados e ambos compartilharem as características do uso de apenas duas vias de atenção, a visual e a auditiva. Portanto o vínculo entre os resultados é observado nos dados obtidos.

Finalmente, deve-se dizer que o uso dos estímulos com ondas binaurais deve ser usado de maneira moderada na educação para evitar a saturação em sua função como distrator. O uso adequado desses estímulos deve ser prescrito como resultados de estudos adicionais.

Como uma extensão deste estudo, mais experimentos podem ser feitos observando outras faixas de frequência. Várias amostras de músicas de artistas diferentes também podem ser usadas para estudar os efeitos da música na mente humana.

5.5 Dados do Estudo 5 Aplicação da ICC- Interface Cérebro-Computador durante a leitura de um texto e um vídeo educativo

No Gráfico 4 são mostradas as oscilações neuronais quando da utilização da leitura do texto. A leitura do texto ocorreu em um desktop com um arquivo em formato de pdf, tela com fundo branco e letras em preto e branco. Como é possível observar ocorrem alterações, elas seguem uma percentagem, conforme o tipo de frequência cerebral mais utilizada.

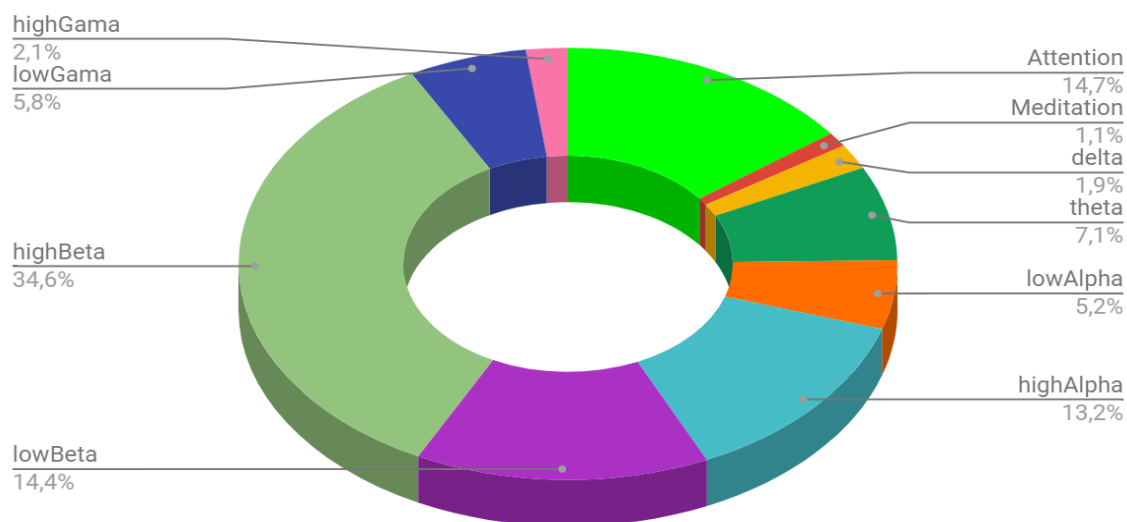
O ato de iniciar uma nova leitura provoca oscilações que são imediatamente capturadas pelo sistema. Essas oscilações provocam níveis inferiores de atenção em função das adaptações ao texto. Novas acomodações são necessárias, a carga cognitiva do aluno é utilizada dependendo muito do conhecimento prévio do conteúdo ou pelo fato de o conteúdo ser novo, e ser o primeiro contato. É importante destacar que o conteúdo abordado na leitura e na mídia interativa foram os mesmos. No Gráfico 4 são mostradas as métricas do estudo A e na Tabela 4 apresentada são os resultados da coleta de dados das bandas de EEG.

Tabela 4 Dados coletados como resultado para o pesquisador

Gráfico	Attention	Meditation	delta	theta	low Alpha	high Alpha	low Beta	high Beta	low Gama	high Gama
Estudo A	61	46	2199	8285	6041	15477	16932	40611	6816	2410

Fonte: Da autora, (2021).

Gráfico 4: Métricas do Estudo A



Fonte: Da autora, (2021).

No Gráfico 4, as métricas do estudo apresentam 14,7% de atenção e 34,6% de oscilações na onda highBeta. Seguidas da onda lowBeta com 14,4%, highAlpha 13,2% Theta com 7,1%, lowGama 5,8%, lowAlpha 5,2%, highGama 2,1%, delta 1,9% e meditação 1,1%.

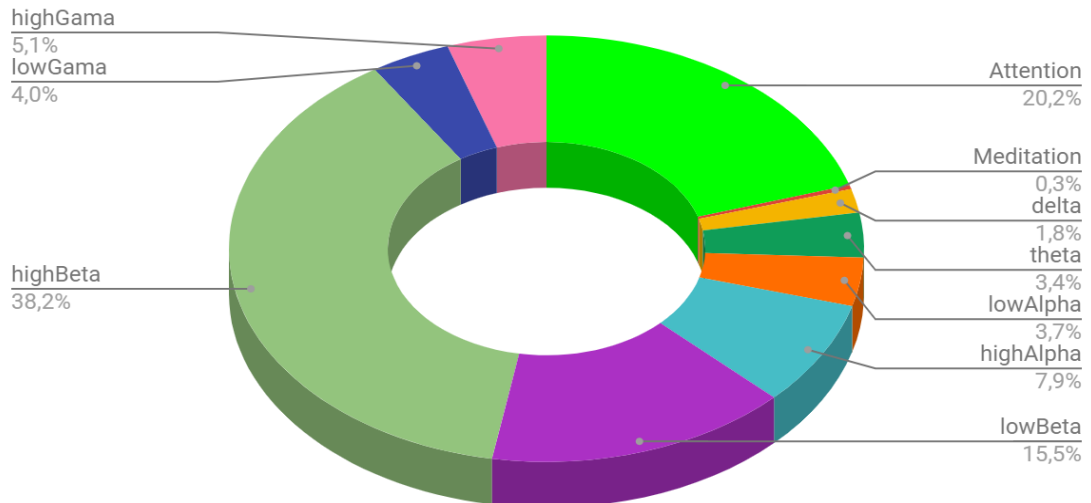
As métricas do estudo B mostram a atividade cerebral durante o uso do framework H5P, com o conteúdo de fisiologia do cérebro em que o estudante teve que interagir com o vídeo. Durante a exposição do vídeo, é proposto ao estudante que ele responda um *checklist* com perguntas objetivas sobre o conteúdo. Na visualização do vídeo são capturadas as frequências cerebrais do aluno. É possível encontrar as oscilações nos correlatos neurais conforme mostra a Tabela 5 e plotadas no Gráfico 5.

Tabela 5 Dados coletados como resultado para o pesquisador

Gráfico	Attention	Meditation	delta	theta	low Alpha	high Alpha	low Beta	high Beta	low Gama	high Gama
Estudo B	86	55	4399	8285	9041	19477	3793 2	9361 2	9916	12410

Fonte: Da autora, (2021).

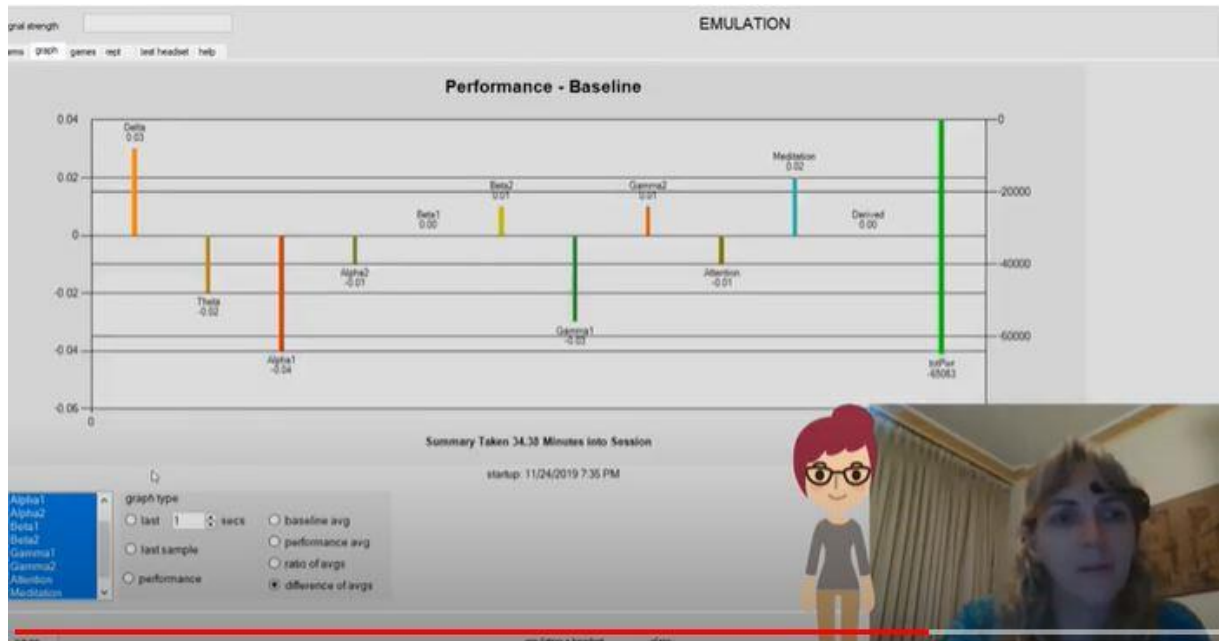
Gráfico 5: Métricas do Estudo B



Fonte: Da autora, (2021).

A atenção nesse caso foi de 20,2%, portanto maior o nível de atenção do estudante ao visualizar o vídeo interativo, com questões para ele responder. Há um indicativo que ao visualizar o vídeo o aluno altera sua carga cognitiva, fazendo uso de mais sensoriais e estímulos externos que o vídeo provoca, com imagens em movimento e a utilização de áudio durante a exibição, medindo assim diferentes padrões neuronais. A onda highBeta oscilou em 38,2%, seguida lowBeta com 15,5%, highAlpha 7,9%, highGama 5,1%, lowGama 4,0%, lowAlpha 3,7%, theta 3,4%, delta 1,8% e meditação com 0,3%. Na Figura 28 são mostradas a aplicação da plataforma Neuroexperimenter.

Figura 28 Aplicação do Neuroexperimenter

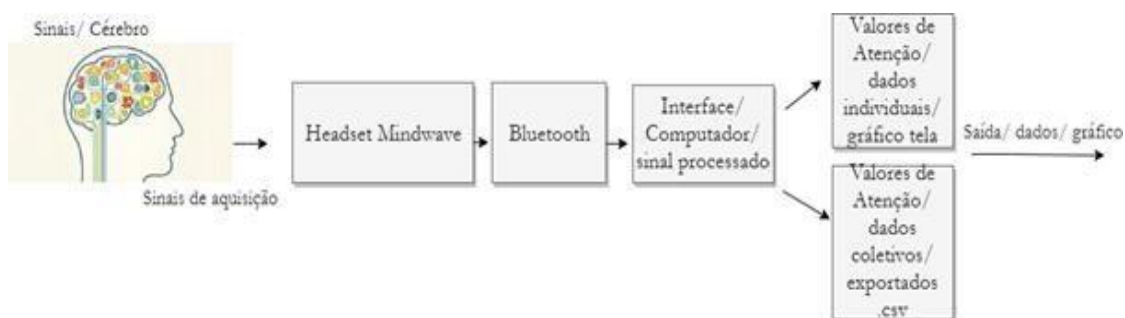


Fonte: Da autora, (2021).

5.6 Estudo 6¹⁴ Experimento de medição do nível de Atenção do Estudante: o uso da Mídia Interativa como Estímulo Resposta

Para saber o grau de contribuição que o sistema de leituras cerebrais, juntamente com o sensor de biosinais, estamos propondo investigar os tipos de atenção dos estudantes durante o estudo. Para capturar as ondas cerebrais, usamos o mindwave Neurosky que contém um chip EEG TGAM (Think Gear AM) que coleta as ondas cerebrais na forma de pulsos elétricos. Na Figura 29 é apresentada o fluxograma do processo da captura da leitura dos biosinais.

Figura 29. Fluxograma do processo de captura dos sinais.



Fonte: Da autora, (2021).

Os pulsos elétricos são produzidos na cabeça sempre que dois neurônios se comunicam (Rebolledo-Mendez,2009). Este estudo utiliza a plataforma web H5P, para enriquecer vídeos de aprendizagem com diferentes métodos de comunicação e interação. O H5P oferece os seguintes métodos de interação; Perguntas simples; perguntas de múltipla escolha. Como o H5P necessita de usuários autenticados, existem o usuário aluno, professor e o pesquisador. A tela do H5P ao reproduzir um vídeo de aprendizagem mostra as barras laterais que fornece elementos de controle para invocar interações. Quando ocorre a interação o vídeo é pausado e não é possível continuar a reprodução até que o estudante reaja a interação. Nesse caso a pergunta de múltipla escolha deverá ser respondida.

Durante o processo de criação, o professor pode selecionar um vídeo de várias fontes e enriquecê-los com interações, selecionando os métodos a oferecer. Por exemplo, é possível adicionar perguntas em posições predefinidas no vídeo.

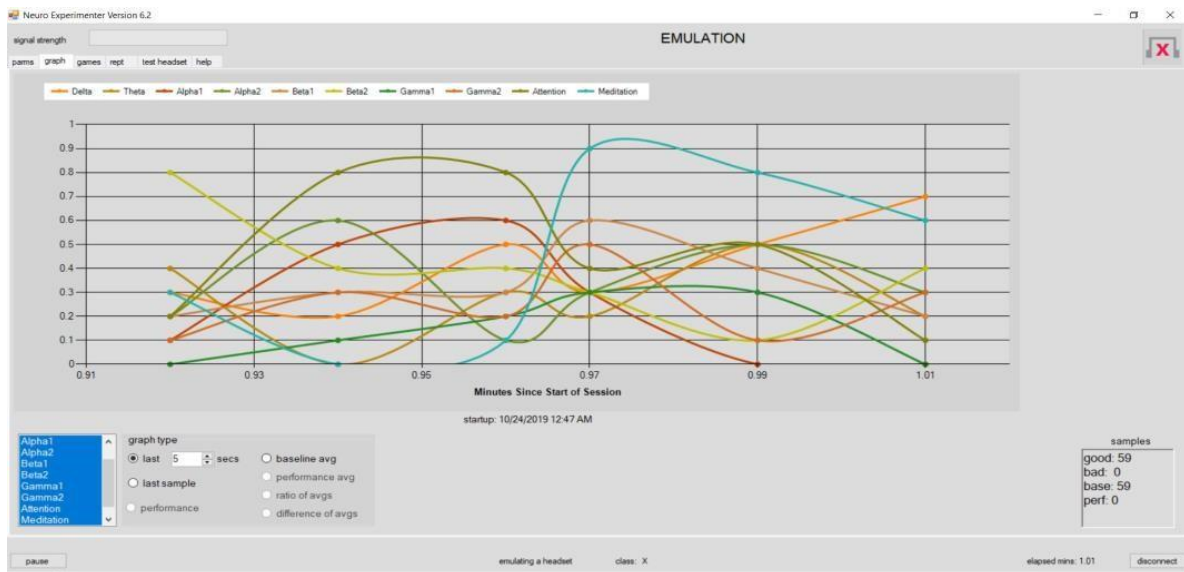
¹⁴ Artigo completo publicado em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/99548>

Para possibilitar a comparabilidade, o mesmo teste foi realizado para alunos que haviam sido ensinados com o material de mídia tradicional. Ambos estiveram em um nível comparável antes do estudo, com requisitos necessários para fazer uma possível comparabilidade. O teste foi construído pelos pesquisadores envolvidos na produção dos vídeos, assim as perguntas de múltipla escolha não foram elaborados por pessoa tendenciosa que possa ter influência no resultado. Foram inseridas questões referentes ao processo de ensino. Portanto, ambos tiveram a mesma posição inicial para o estudo.

A pesquisa foi realizada com grupos de estudo. A grande maioria dos alunos tem entre 20 e 27 anos de idade. Todos os vídeos contemplavam o assunto principal em ensino de ciências. O experimento teve como objetivo medir a atenção do aluno durante a execução de um vídeo tradicional e um vídeo interativo, ambos com o mesmo conteúdo. A estratégia de pesquisa seguiu uma abordagem de pesquisa experimental e contou com seis sujeitos envolvidos. Os primeiros estudantes usaram a abordagem de vídeo tradicional e após foram convidados a utilizar o vídeo interativo mostrado em um desktop. Os mesmos procedimentos foram utilizados para ambos.

Na análise dos resultados quantitativos que foram medidos pelo sistema de leituras de sinais Neuroexperimenter, juntamente com dispositivo Mindwave Neurosky, foram encontradas diferentes intensidades nas atividades cerebrais. Com os gráficos e dados fornecidos foi possível observar as medidas de atenção, meditação e as atividades neuronais em frequências elétricas no cérebro. O resultado dessa avaliação é saber se esse tipo de estudo pode estimular a atenção dos estudantes. Na Figura 30 é apresentado a imagem do sistema de coleta de dados por estudante.

Figura 30 Sistema de coleta de dados

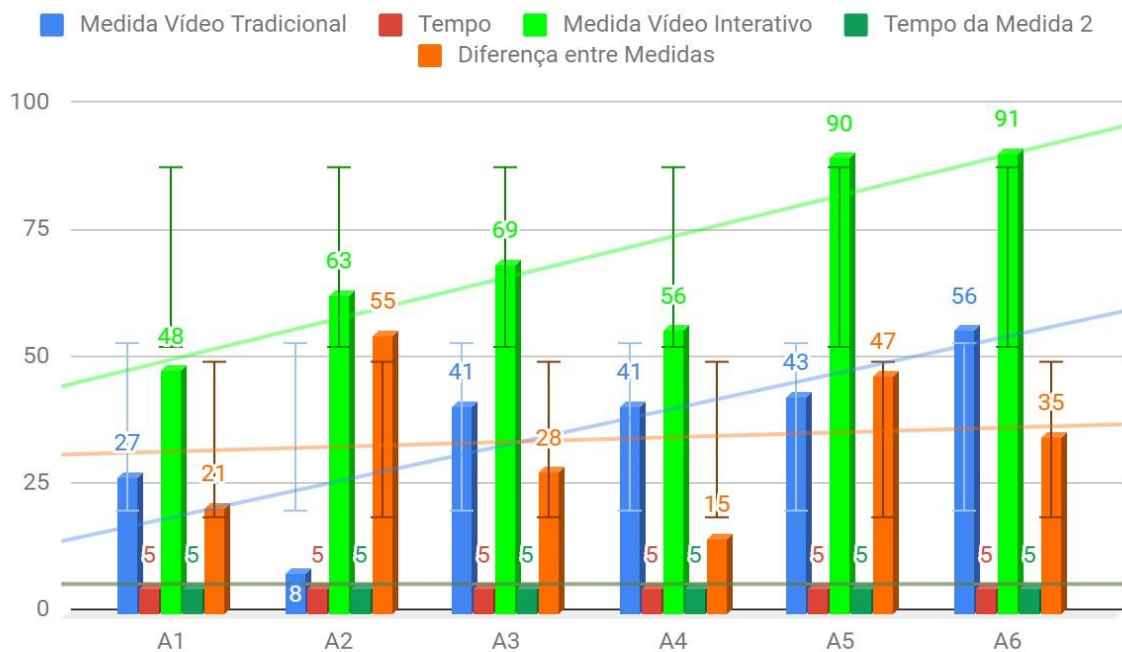


Fonte: Da autora, (2021).

Os professores estão usando essas tecnologias como um fator positivo para avaliação dos alunos. Assim, preferem utilizar diferentes tecnologias adaptadas e inseridas em sala de aula. É possível verificar o processo do aluno quando trabalhado o estímulo resposta.

Nos resultados é possível verificar os percentuais no gráfico, em que as cores em azul representam a medida do vídeo tradicional (método clássico). Nas cores em verde claro aparecem as percentagens da medida dos estudantes ao utilizarem o método interativo, mostrando assim o potencial positivo em relação ao método clássico. O tempo também foi observado durante o estudo, que foi de 5 minutos para cada estudante, considerando a técnica de microvídeos educacionais. A diferença entre as medidas do método interativo é observada principalmente com uma grande diferença de oscilação positiva nos estudantes A5 e A6. Na Figura 31 são mostradas as médias dos dados coletados dos estudantes durante o estudo.

Figura 31 Dados coletados dos Estudantes



Fonte: Da autora, (2021).

Em busca dessa resposta, exploramos os processos de atenção aprimorados pela tecnologia. Na discussão é possível evidenciar que alinhado com os resultados do estudo existe a educação centrada no aluno que pode ser melhor trabalhada.

Durante o gerenciamento dos conteúdos propostos foi possível verificar no gráfico mostrado que o vídeo interativo foi mais efetivo, quando comparado a mídia tradicional. A técnica de leitura de biosinais é mostrada nos níveis de atenção dos estudantes, assim mudanças significativas podem ser utilizadas em sala de aula adaptando estratégias de avaliação dos estudantes. É possível ainda verificar relatórios mais precisos de pontuação das ondas cerebrais e em que tempo e minuto os estudantes estavam mais atentos. Percebe-se ainda que métodos mais convencionais, que foi o uso do vídeo tradicional já estão ficando em desuso e não tanto eficaz nos processos de aprendizagem. Na Figura 32 são mostradas as imagens de alguns experimentos.

Figura 32 Experimento com os Estudantes



Fonte: Da autora, (2021).

Este estudo explorou a eficácia do vídeo interativo no desempenho, satisfação e na atenção dos alunos em comparação com a mídia tradicional. Os resultados mostram que o vídeo interativo é eficaz em comparação com o vídeo comum. Além disso, o vídeo interativo teve um desempenho melhor que o vídeo comum na atenção do estudante utilizando a tecnologia de coleta de dados via sensor Mindwave.

A investigação tratou da aplicação de vídeos convencionais e vídeos interativos em alunos voluntários para a pesquisa. Para isso, vídeos de aprendizado foram criados e enriquecidos com diferentes perguntas de múltipla escolha. Com o estudo atual, pode-se mensurar a precisão das hipóteses examinadas levando em consideração as investigações da atenção do estudante. Com base nas avaliações investigadas é mostrado que perguntas de múltipla escolha durante a visualização do vídeo interativo, interferem na atenção sustentada do estudante. É mostrado ainda que perguntas que aparecem muito cedo são propensas a serem respondidas incorretamente. Portanto, identificou-se que o estudante que visualizou o vídeo convencional não obteve esse tipo de atenção. Aproximadamente quinze segundos provou ser um tempo adequado para ocorrer a primeira pergunta interativa. Além disso, foi examinada a hipótese que afirma que as perguntas quando colocadas muito densamente uma após a outra, ocorre a maior taxa de erros.

Geralmente, resultados positivos foram alcançados durante o estudo. Estes foram examinados em uma comparação direta entre os estudantes que trabalharam com vídeos

convencionais e os que trabalharam com vídeos interativos. Os estudantes com o uso da mídia interativa conseguiram obter resultados notadamente melhores.

Concluimos que o método interativo pode ser uma alternativa viável ao método clássico (vídeo comum) para estudantes. No entanto, os efeitos positivos estão situados na percepção do estudante com relação ao foco e na atenção situada. Como tal, este estudo pode ajudar a promover trabalhos futuros em recursos adicionais com o uso do sensor e a utilização de vídeos por meio de melhorias na tecnologia e implantação na educação.

6 RESULTADOS FINAIS

Na investigação desta Tese, examinamos o efeito do estado de atenção na atividade cerebral facilitada pela apreciação de um vídeo educacional convencional e num segundo momento pela apreciação de um vídeo interativo com o mesmo conteúdo educacional, porém com interação de estímulos de perguntas e respostas. Os sinais EEG foram coletados nos grupos de participantes; Grupo A que teve como estudo o vídeo educacional convencional e o Grupo B, grupo de controle que teve acesso ao vídeo com estímulos de perguntas e respostas interativas. Comparamos a conectividade funcional do cérebro entre os dois grupos calculando a sincronia da atividade cerebral durante as sessões.

Ao utilizar a mídia de vídeo, o usuário se deparou com questões baseadas no material educacional com ensino básico sobre o cérebro. Como o desempenho está associado a atenção, pode-se deduzir que houve alto desempenho quando o usuário respondeu corretamente e uma alta atenção demonstrada. Da mesma forma uma atenção inferior quando a resposta foi respondida incorretamente. Esta suposição é baseada em estudos anteriores onde a atenção sustentada foi medida pela precisão da resposta e tempo de reação ao completar uma tarefa de concentração.

Nos artigos e estudos anteriores citados acima na Tese, podemos ter essa observação. Portanto o número de respostas corretas de um determinado intervalo de tempo é usado para avaliar a vigilância e o grau de atenção. Para evitar preconceitos, dois grupos foram observados com um conjunto de habilidades entre os assuntos. O primeiro grupo teve acesso ao vídeo tradicional convencional sem precisar responder a questões durante a exibição do vídeo educacional. E o segundo grupo consistia daqueles que precisavam respostas a perguntas e respostas durante a exibição. Os grupos já estavam familiarizados sobre o assunto abordado no material em vídeo. Como o primeiro grupo não precisou de ter muita concentração e não ter que se sustentar no conteúdo para qualquer momento ter que responder, portanto mais fácil de somente apreciar, é mais provável que eles foram capazes de ter uma desatenção por não precisar de ter a precisão de responder perguntas e respostas usando conhecimento e sua carga cognitiva não precisar ser comprometida. O intervalo de tempo de 10 segundos até o evento da resposta a uma pergunta foi considerado porque antes de uma resposta ser dada, o cérebro já está ativado em antecipação do evento de responder. Portanto, a rapidez da atenção não deve ser prejudicada pela tomada de decisão. Além disso, isso permite uma melhor estimativa da média da atenção em tais eventos. Para analisar esses dados e tirar conclusões sobre o relacionamento do nível de atenção, amostras foram realizadas para comparar a diferença de

dois valores de atenção, levando em consideração os dois tipos de eventos, fornecendo explicações a respeito de por que certos fenômenos ocorrem.

Para calcular os dez participantes com as oscilações de banda e o valor da atenção e apoiar as hipóteses com as alternativas propostas, devemos considerar a positividade e a negatividade que indica o significado. Na Tabela 6 são apresentados os dados para o pesquisador. Nos gráficos 6 e 7 são apresentados os resultados do estudo do Grupo A com a atenção nas circunstâncias gerais.

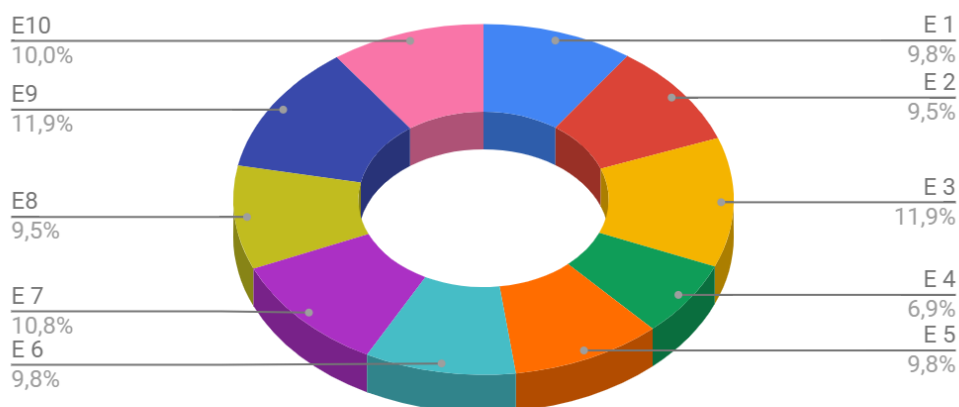
Tabela 6 Dados para o pesquisador Grupo A

	Attenti on	Meditati on	delta	theta	lowAlp ha	highAlp ha	lowBe ta	highBe ta	lowGa ma	highGa ma
E 1	45	55	1504 0	1176	13154	14055	15013	10955	15172	13194
E 2	44	45	758	1406	47082	22769	14122	19653	14047	14497
E 3	55	32	2399	3828	6041	15477	29932	13612	6816	12410
E 4	32	33	5569 2	6185 5	3630	11552	3988	2016	1676	2157
E 5	45	45	7095 0	1357 1	5195	40254	32848	2674	14423	14613
E 6	45	38	2039 6715	1	5843	26878	12608	11044	13864	12888
E 7	50	67	2090 0	3930	5567	15580	2710	1203	6615	13866
E8	44	66	1090 0	3920 0	5565	15580	2718	1108	6722	11677
E9	55	65	2030 6800	0	6140	15460	2840	1202	5544	11200
E10	46	54	2150 3600	0	6750	15567	13120	1020	1567	12342
Tota l:	461	500	19375 4	18715 7	104967	193172	129899	64487	86446	118844

Fonte: Da autora, (2021).

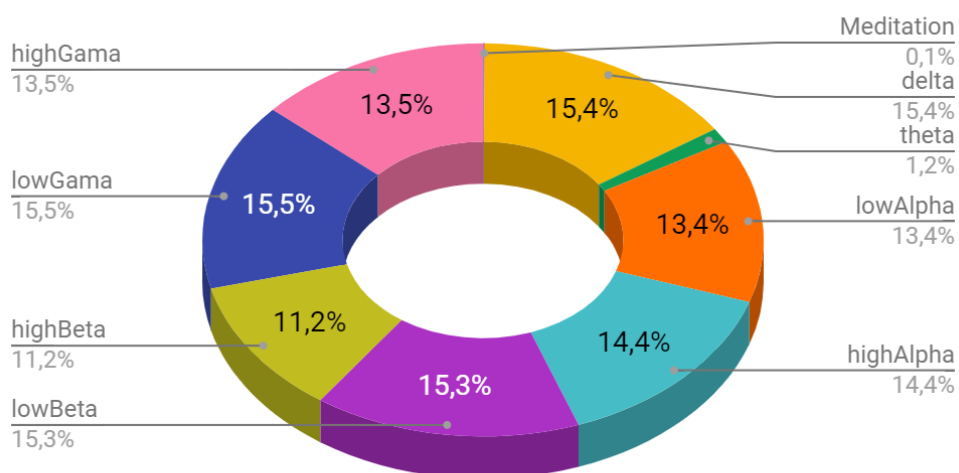
Gráfico 6 Atenção mensurada nos participantes Grupo A

Attention



Fonte: Da autora, (2021).

Gráfico 7 Atenção mensurada em frequências cerebrais Grupo A



Fonte: Da autora, (2021).

Os resultados revelaram sincronias diferentes significativamente mais baixas na banda de frequência beta do grupo A, como uma indicação de processamento cognitivo reduzido e obtenção do estado de atenção mais sucinto.

Pode-se observar a concordância das oscilações quanto as categorias e subcategorias identificadas nos gráficos acima. Em relação a avaliação geral a questão do vídeo educativo é usado como recurso potencial no processo de ensino e aprendizagem na prática dos profissionais da educação.

Na Tabela 7 são apresentados os dados. Nos Gráficos 8 e 9 está a apresentação da atenção ao interagir com o vídeo no Grupo B.

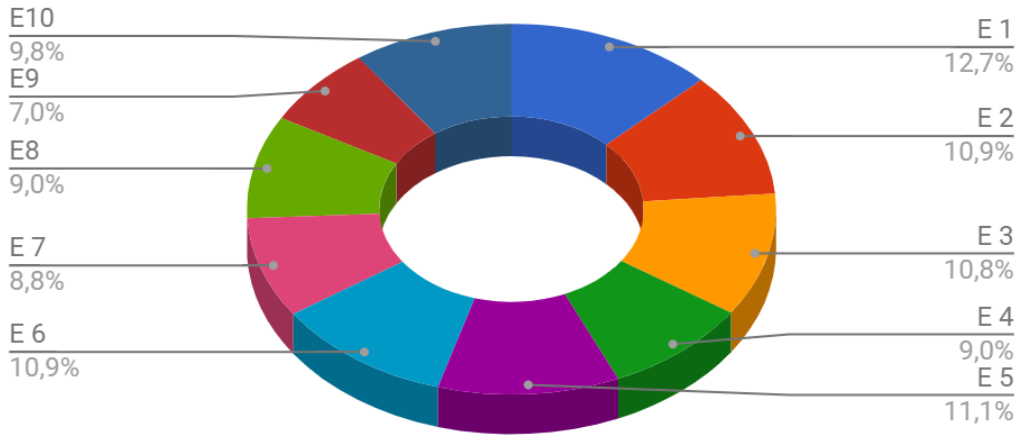
Tabela 7 Dados para o pesquisador Grupo B.

	Attentio n	Meditatio n	delta	theta	lowAlph a	highAlph a	lowBet a	highBet a	lowGam a	highGam a
E 1	78	57	1504	1765	3155	4055	15013	32955	5728	9410
E 2	67	51	1175	71406	47083	22769	11122	21800	4047	4497
E 3	66	66	2788	8285	5041	15477	19932	23900	6816	2410
E 4	55	55	967	1855	13631	11552	13988	12200	676	575
E 5	68	55	7095	13571	95193	40254	12848	32890	4423	4613
E 6	67	71	715	1391	4843	26878	12608	11044	3864	2888
E 7	54	87	1900	39300	5567	15580	12711	22033	6615	3866
E8	55	32	7095	3572	9519	40254	12845	32674	4422	4610
E9	43	33	715	20391	5843	26878	12605	21044	3864	2888
E10	60	80	1900	39300	5567	15580	12715	22035	6615	866
Total :	613	587	2585 4	20083 6	195442	219277	136387	232575	47070	36623

Fonte: Da autora, (2021).

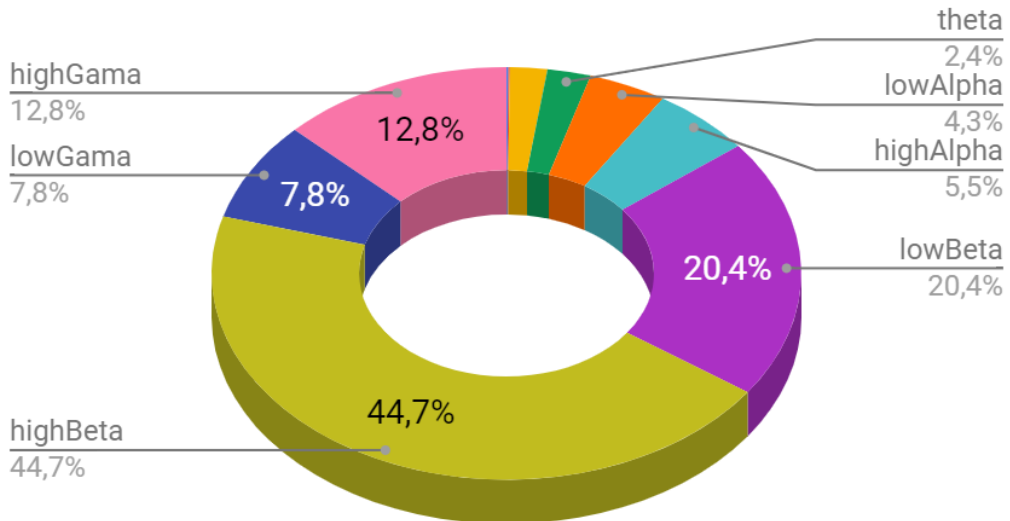
Gráfico 8 Mensuração da atenção dos participantes Grupo B

Attention



Fonte: Da autora, (2021).

Gráfico 9 Mensuração da atenção das frequências cerebrais Grupo B



Fonte: Da autora, (2021).

Os resultados demonstram ainda o potencial do Grupo B na banda de frequência highBeta apresentando 44,7% em highBeta com relação a otimização dos efeitos e das intervenções na interatividade dos vídeos com os estimuladores visuais usados como estímulos. A intervenção utilizada como estimulador visual no Grupo B permitiu aos participantes a responderem perguntas e respostas durante a apreciação do vídeo.

Este estudo investigou o impacto do estímulo do estado atencional do participante entre usuários em duas situações diferentes. A descoberta sugere que um vídeo adaptável com estímulos visuais com perguntas e respostas alterna a intensidade do estimulador visual o oscila positivamente as bandas de frequência highBeta entre 15 a 30hz. Esta atividade cerebral medida por Eletroencefalografia) EEG, possui a sensibilidade elétrica no EEG, que causa os dados dos sinais quando o usuário está utilizando o sensor.

7 CONSIDERAÇÕES

Nesta Tese, o recurso audiovisual foi eficaz na interação entre o participante e o pesquisador. O advento de novas tecnologias emancipatórias, como o vídeo educativo, tem possibilitado ao profissional da educação inovar nas formas de troca de conhecimento com os alunos, ao se aproximar dos conteúdos abordados, além de despertar interesse e promover um melhor aprendizado. Durante a execução de um audiovisual é fundamental que a comunicação entre os personagens seja compatível com o nível de conhecimento dos participantes telespectadores. É importante uma linguagem mais comum, com definições lúdicas para facilitar o entendimento do público, contribuindo para a aprendizagem e construção do conhecimento.

Os estudos mostram que o EEG pode ser uma ferramenta relevante para o uso em pesquisas educacionais utilizadas com Interface Cérebro-Computador. Alguns artigos encontrados acima, citam que a técnica ainda está em estágio inicial de desenvolvimento.

Há, portanto, uma aparente lacuna na aquisição de dados em sinais elétricos do cérebro, este por se tratar de um computador biológico humano e sempre em constante evolução. O rápido desenvolvimento no mercado de dispositivos portáteis e sensores são impulsionados pelas melhorias nas funcionalidades e capacidades de processamento dos dispositivos móveis, bem como, a sua respectiva resolução. Na área de sistemas, especificamente no monitoramento cerebral, é ascendente a evolução, o que nos oportuniza aprimorar sistemas para realizar as medições neurais com equipamentos que antes estavam disponíveis somente em hospitais com alto custo de aquisição.

Apesar de termos a nossa disposição equipamentos com resolução médica para testes em ambientes invasivos como hospitais, devemos reconhecer que mais pesquisas são necessárias para melhor compreensão, confiabilidade e a validade dos equipamentos utilizados com suas devidas limitações, pois o cérebro humano não é estático e os estudos de sua funcionalidade ainda se encontra em fase inicial da compreensão humana.

A compreensão que se têm dos algoritmos de aprendizado, incluem a importância do erro de previsão, consolidação de memórias que é diretamente relevante para o projeto de aprendizado eficiente. A compreensão do papel da atenção e o sistema de recompensa, os efeitos negativos, distração, são importantes descobertas genéticas que muito afetam os estímulos quando se pensa em educação.

Como muitos EEGs compactos são adequados para ambientes educacionais é importante investigar a precisão de tais métricas para atenção por causa da sua aplicação,

incluindo educação e aprendizagem. Neste caso, provou ser uma boa escolha para aprimorar o uso de EEGs no setor de educação e ser capaz de comparar sinais de atividade cerebral para tarefas de desempenho relacionadas a atenção.

O funcionamento do cérebro humano sempre foi uma curiosidade para os cientistas. É incrível pensar que mudanças simples no potencial elétrico do cérebro podem criar pensamentos, sentimentos e sincronizar milhares de movimentos e processos biológicos.

Diante de inúmeros avanços tecnológicos, muitos pesquisadores e cientistas estão tentando apresentar uma ampla variedade de aplicativos para interface cérebro-computador que possam ser úteis para a sociedade. Nos próximos anos, pode-se pensar que a interface cérebro-computador aprimore as funções humanas, melhorando assim a qualidade de vida das pessoas.

A análise dos sinais gravados sugeriu que um sistema de comunicação baseado em neuroeducação permite aos professores e mediadores agir em um ambiente acadêmico usando a atividade cerebral observada e em momentos instantâneos. Uma tarefa pode ser monitorada em conjunto com o aluno durante o estudo. Por meio dos sinais registrados pode-se comparar o resultado da média das oscilações neuronais e ter conclusões mais eficazes nos picos de latências do potencial evocado na detecção da atividade cerebral observada e em qual banda de frequência mais teve oscilações positivas ou negativas.

Um último ponto importante para pesquisas futuras tem a ver com as escolhas ao delinear o tema desta tese. Decidimos focar apenas nos aspectos que preocupam os estados de atenção do estudante e seus fenômenos. O da escuta consciente e atenta, de uma forma mentalmente agradável. No entanto existem outros tipos de atenção e desatenção que o estudante consome durante o uso de uma mídia o que significaria que ele também poderia oscilar em sua atenção consciente durante os processos envolvidos. Ao longo desta tese, discutimos o tópico estados de atenção e as bandas de frequência da atividade cerebral quando se trata em consumir um material em vídeo. É importante sublinhar uma última vez que esta tese não pretende ser uma descrição de como o professor deverá utilizar as medidas de atenção durante o uso em sala de aula, mas o objetivo foi examinar como os estudantes se comportam durante o estudo e como lidam com isso de maneira saudável sendo assim um bom objeto para continuar como um complemento para o professor usar em um ambiente educacional. Para cada indivíduo o vídeo educacional tem um valor diferente, conforme o conteúdo ainda tem um propósito e um contexto diferenciado.

Certamente pelo retorno que tivemos, os participantes gostaram da experiência e por ser uma tendência em poder visualizar a informação que seu cérebro processa através de seus olhos e ouvidos, a soma de todos os impulsos e fluxos de intensidade cerebral pode ser esclarecedor

e até revigorante estar ciente dessa informação ao apreciar um vídeo. Ainda assim a mensuração da atividade cerebral pode ser um ótimo feedback nesse preenchimento da lacuna que existe sobre os estudos do cérebro.

Felizmente as pesquisas em Inteligência artificial em detecção de padrões faz grandes avanços, especificamente nos domínios da visão, áudio e texto, gerando técnicas e arquiteturas mais robustas para permitir os desenvolvimentos. É claro que os dados de EEG não estão tão disponíveis pois precisam dos equipamentos que atualmente tem valores ainda não tão acessíveis aos usuários.

As instituições de pesquisa em todo mundo estão publicando cada vez mais em conjunto com dados relacionados, permitindo que pesquisadores desenvolvam aprendizados uns com os outros.

O cérebro humano não evoluiu muito por milhares de anos, enquanto o mundo ao nosso redor mudou enormemente apenas na última década. A humanidade atingiu um ponto de inflexão onde deve aprimorar suas capacidades cerebrais para acompanhar a inovação tecnológica que nos rodeia.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.

ATENAS J. and L. Havemann, "Quality assurance in the open: an evaluation of oer repositories," *INNOQUAL-International Journal for Innovation and Quality in Learning*, vol. 1, no. 2, pp. 22–34, 2013

ATWATER, F.H. 2001. Binaural beats and the regulation of arousal levels. In Proc. of the TANS 11 Forum on New Arts and Science.

BAMDADIAN. A. GOAN, C., ANG, K.K. XU, 1. 2014. The predictive role of pm-cue EEG rhythms on MI-based BC11 classification performance. *J. Neurosci. Methods* 235. 138-144.

BADDELEY, A. D. (2002). Is working memory still working? *European Psychologist*, 7(2), 85-97

BEAR, M. F., CONNORS, B. W., & PARADISO, M. A. (2007). *Neuroscience: exploring the brain*. Philadelphia, PA, Lippincott Williams & Wilkins.

BIRNBERG, J. G. & GANGULY, A.R., Is Neuroaccounting Waiting in the Wings? An Essay (November 16, 2011). *Accounting, Organizations and Society*, Forthcoming; Claremont McKenna College Robert Day School of Economics and Finance Research Paper No. 2011-05.

BINDER, C., I LAUENTON, E., & VAN EYK, (1990). Increasing endurance by building fluency: Precision teaching attention span. *TEACHING Exceptional Children*, 22(3), 21-27.

BOS, A.; ZARO, M.; PRESTES, L. P.; PIZZATO, M. C.; AZEVEDO, D. F. G.; AVILA, F. R.; BATISTA, M. (2019a). Student's attention: The use of Brain Waves Sensors in Interactive Videos. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 6(4), 155-157.

BOS, A.; PRESTES, L.; PIZZATO M.; ZARO M. (2019b). Vídeos Educativos: Investigação da Atenção e o Mapeamento do Aprendizado Ativo. In: *Abordagens teóricas e reflexões sobre a educação presencial a distância e corporativa*. Maringá: Uniedusul Editora.

BOS, A. S., HERPICH, F., KUHN, I., GUARESE, R. L. M., TAROUCO, L. M. R., ZARO, M. A., PIZZATO, M.C., WIVES, L. (2019). Educational Technology and Its Contributions in Students' Focus and Attention Regarding Augmented Reality Environments and the Use of Sensors. *Journal of Educational Computing Research*. <https://doi.org/10.1177/0735633119854033>

BOS, A.S; PIZZATO, M. C; ZARO, M.A. Experimento de medição do nível de Atenção do Estudante: o uso da Mídia Interativa como Estímulo Resposta. *RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 17, n. 3, 2019. <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/99548/55688>

BOS A.S; DONATO, L. G.; VETTORI, M.; ZARO, MILTON A. Effects of the binaural wave as a stimulus for student hyperattention: brain frequency records without interactive media context. JOURNAL OF EDUCATIONAL COMPUTING RESEARCH, v. 7, p. 208-213, 2020.

BOS, A. S; PIZZATO, M.; VETTORI, M.; DONATO, L.G.; SOARES, P. P.; FAGUNDES, J. G.; ZARO, M. Empirical Evidence during the Implementation of an Educational Chatbot with the Electroencephalogram Metric. CREATIVE EDUCATION, v. 11, p. 11-12, 2020.

BOS, A.S.; ZARO, M. A; PIZZATO, M. "Investigação da Atenção do Estudante com técnicas de EEG: o uso da Realidade Virtual no Ensino". In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. 2019. p. 1397. <https://cbie.ceie-br.org/evento-mpie.html>

BRUER, J. T. (1993). Schools for thought: A science of learning in the classroom. Cambridge, MA: MIT Press.

COSENZA, R.M. Neurociência e educação: como o cérebro aprende. Ramon M. Cosenza, Leonor B. Guerra- Porto Alegre: Artmed, 2011.

COOK, T. D., & Campbell, D. T. (1979). Quasi-experimentation: Design & analysis issues in field settings. Boston, MA: Houghton Mifflin.

CHEN AND LIN, 2016 C.M. Chen, Y.J. Lin Effects of different text display types on reading comprehension, sustained attention and cognitive load in mobile reading contexts Interactive Learning Environments, 24 (3) (2016), pp. 553-571

CHEN, C.M.; S.H. HUANG Web-based reading annotation system with an attention-based self-regulated learning mechanism for promoting reading performance British Journal of Educational Technology, 45 (5) (2014), pp. 959-980

CARVALHO JUNIOR, Cesar Valentim de Oliveira. Neuroaccounting: mapeamento cognitivo cerebral em julgamentos de continuidade operacional. 2012. Tese (Doutorado em Controladoria e Contabilidade: Contabilidade) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12136/tde-03092012-192210/>>; Acesso em: 16/06/2019.

EBNER, M., WACHTLER, J., HOLZINGER, A.: Introducing an information system for successful support of selective attention in online courses. In: Stephanidis, C., Antona, M. (eds.) UAHCI 2013, Part III. LNCS, vol. 8011, pp. 153–162. Springer, Heidelberg (2013)

FARWELL, L.A., DONCHIN, E., 1988. Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 70 (6), 510–523, [http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694\(88\)90149-6](http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694(88)90149-6).

GARDNER GROUP. Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018. Disponível em <https://www.fourquadrant.com/gartner-hype-cycles-magic-quadrants/>

GOLDHABER, Michael H. "Attention Shoppers!" Wired Magazine, January 1, 1997. <https://www.wired.com/1997/12/es-attention/>.

GREN, Lucas. A flipped classroom approach to teaching empirical software engineering. IEEE Transactions on Education, v. 63, n. 3, p. 155-163, 2020.

HARBAUGH, H.T. MAYR, U., BURGHART, D., et al. Neural Responses to Taxation and Voluntary Giving Reveal Motives for Charitable Donations. DOI:10.1126/science.1140738 Science 316, 1622 (2007); William T. Harbaugh, et al. Reveal Motives for Charitable Donations

HIDI S. A re-examination of the role of attention in learning from text Educational Psychology Review, 7 (1995), pp. 323-350

HOWE, M. J. A. (1998). Principles of abilities and human learning. Hove: Psychology Press

HYPERFILM disponível em <http://www.hyperfilm.it/eng/index.html> acesso em 30 de maio 2019.

HEINZE HJ, GR MANGUN, W BURCHERT, H HINRICHS, MSCHOLZ, TFMÜNTE, A GÖS, MSCHERG, S JOHANNES, H HUNDESHAGEN, MS GAZZANIGA, SA HILLYARD, Combined spatial and temporal imaging of brain activity during visual selective attention in humans. Nature. 372, 543–546 (1994)

H5P disponível em <https://h5p.org> acesso em 30 de maio 2021.

H. R. MATURANA AND F. J. VARELA, The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human Understanding, New Science Library/Shambhala Publications, 1987.

HERPICH, FABRÍCIO; BOS, ANDREIA; KUHN, IGOR; GUARESE, RENAN LUIGI MARTINS; TAROUCO, LIANE MARGARIDA ROCKENBACH; WIVES, LEANDRO; ZARO, MILTON ANTÔNIO Atividade cerebral no uso de recursos educacionais em realidade aumentada: uma análise da atenção do aprendiz In: XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (Brazilian Symposium on Computers in Education), 2018, Fortaleza. org. crossref. xschema. _1. Title@772293c4., 2018. p.1858.

JAMES, W. (1890). The Principles of Psychology. New York, NY: Holt.

J MORAN, R DESIMONE, Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. Science. 229, 782–784 (1985)

KANE, M.J. A.R.A. Conway, M.K. Bleckley, R.W. Engle A controlled attention view of working memory capacity Journal of Experimental Psychology: General, 130 (2001), pp. 169-183

KLEIH, S.C., KAUFMANN, T., ZICKLER, C., HALDER, S., LEOTTA, F., CINCOTTI, F., KÜBLER, A., et al., 2011. Out of the frying pan into the fire-the P300-based BCI faces real-world challenges. Prog. Brain Res. 194, 27–46, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-53815-4.00019-4>

KUMAR, A. J. BOSE E D. BANSA. L, “Um navegador da Web Sensível ao usuário”, IEEE India Conferência (INDICON), 1-6, 2015

LADWIG, I. A importância da atenção na aprendizagem de habilidades motoras / the importance of attention in motor skill learning. *Revista paulista de educação física*, v. 3, p. 62–71, 2000.

LENT, Roberto Cem Bilhões de Neurônios. *Conceitos Fundamentais de Neurociência - 2ª edição*. Atheneu, 2010

LEHNER, Interaktive videos als neues medium für das elearning. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*. 48(1), 51–62 (2014). doi:10.1007/BF03340549. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03340549>.

LOTTE, F., BOUGRAIN, L., CLERC, M., LOTTE, F., BOUGRAIN, L., CLERC, M., CLERC, M., et al., 2015. Interfaces to Cite This Version: Electroencephalography (EEG) –Based Brain-Computer Interfaces M. EBNER, J WACHTLER, A HOLZINGER, in *Universal Access in Human- Computer Interaction. Applications and Services for Quality of Life, Introducing an information system for successful support of selective attention in online courses* (Springer, 2013), pp. 153–162

LURIA, A. *Fundamentos de neuropsicologia*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos/Edusp, 1981.

MAK, J.N., ARBEL, Y., MINETT, J.W., MCCANE, L.M., YUKSEL, B., RYAN, D., ERDOGMUS, D., et al., 2011. Optimizing the P300-based brain-computer interface: current status, limitations and future directions. *J. Neural Eng.* 8 (2), 25003, <http://dx.doi.org/10.1088/1741-2560/8/2/025003>.

MAYER, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions?. *Educational psychologist*, 32(1), 1-19.

MAYER, R. E., & MORENO, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist*, 38(1), 43-52.

MAYER, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed). New York: Cambridge University Press.

MAYER, R.E. (2011). *Applying the science of learning*. Upper Saddle River, NJ: Pearson

MAYER, R.E.(IN PRESS-A). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

MAYER, R. E., & CHANDLER, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Educational Psychology*, 93, 390-397.

MA & WEI (2016), A comparative study of children's concentration performance on picture books: Age, gender, and media forms *Interactive Learning Environments*, 24 (8) (2016), pp. 1922-1937

MORAN, J., DESIMONE, R.: Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. *Science* 229, 782–784 (1985)

MOORE, D. M. (M.), BURTON, J. K., & MYERS, R. J. (2004). Multiple-Channel Communication: The Theoretical and Research Foundations of Multimedia. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 979-1005). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

NEUROSKY MINDWAVE MOBILE. (2021). Home Page. Disponível em: <http://store.neurosky.com/products/mindwave-mobile>>; Acesso em agosto 2021.

NEUROEXPERIMENTER, 2021 <http://store.neurosky.com/products/neuroexperimenter>.

N. GUIMARES, T. CHAMBEL, AND J. BIDARRA. From cognitive maps to hyper-video: Supporting flexible and rich learner-centred environments. *Interactive Multimedia Journal of Computer-Enhanced Learning*, 2(2), 2000.

OLDS, J. (1956). Pleasure centers in the brain. *Scientific American*, 195,105-116.

PANTANOWITZ L. Fat infiltration in the heart. *Heart* 2001; 85:253 RM SHIFFRIN, GT GARDNER, Visual processing capacity and attentional control. *J. Exp. Psychol.* 93(1), 72–82 (1972)

PAIVIO, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford, England: Oxford University Press.

POSNER MI. *Attention in the Social World*. New York: Oxford Univ. Press; 2012a.

POSNER MI, Rothbart MK, Ghassemzadeh H. Restoring Attention Networks. *Yale J Biol Med.* 25 de março de 2019; 92 (1): 139-143. PMID: 30923481; PMCID: PMC6430178.

REYNOLDS R.E Selective attention and prose learning: Theoretical and empirical research *Educational Psychology Review*, 4 (1992), pp. 345-391

REBOLLEDO-MENDEZ ET AL., 2009 G. REBOLLEDO-MENDEZ, I. DUNWELL, E.A. MARTÍNEZ-MIRÓN, M.D. VARGAS-CERDÁN, S. DE FREITAS, F. LIAROKAPIS, ET AL. Assessing neurosky's usability to detect attention levels in an assessment exercise *Human-computer interaction. New trends*, Springer, Berlin Heidelberg (2009), pp. 149-158

R. HAMMOUD. *Building and Browsing of Interactive Videos*. PhD thesis, IN-RIA, Grenoble, Fev 2001.

SHAW Rabi, Bidyut Kr. Patra, classifying students based on cognitive state in flipped learning pedagogy, *Future Generation Computer Systems*, Volume 126, 2021, Pages 305-317.

SIBÌLIA, Paula. O Show do Eu: A intimidade como Espetáculo. Rio de Janeiro, Contratempo, 2016.

SIMON, Herbert A. "Designing Organizations for an Information-Rich World." In Computers, Communication, and the Public Interest, edited by M. Greenberger, 37-72. Baltimore, MD: John Hopkins University Press, 1971.

SUBTIL.NET disponível em <https://www.subtil.net/pt/view/f08cade4-1456-4624-bc70-189c213c420b>, acesso em 12 de agosto 2021.

SHADIEV, Y.M. HUANG, J.P. HWANG, 2017A Investigating the effectiveness of speech-to-text recognition applications on learning performance, attention, and meditation Educational Technology Research and Development, 65 (5) (2017), [10.1007/s11423-017-9516-3](https://doi.org/10.1007/s11423-017-9516-3)

SHADIEV, T.T. WU, Y.M. HUANG 2017B Enhancing learning performance, attention, and meditation using a speech-to-text recognition application: Evidence from multiple data sources Interactive Learning Environments, 25 (2) (2017), pp. 249-261

SWELLER, John. Cognitive Load Theory: A Special Issue of educational Psychologist". LEA, Inc, 2003.

SWELLER, J., VAN MERRIENBOER, J.J.G., & PAAS, F.G.W.C (1998). Cognitive architecture and instructional design. Educational Psychology Review, 10(3), 251-29.

SORDEN, S. D. (2005). A cognitive approach to instructional design for multimedia learning. Informing Science Journal, 8, 263-279.

SHIFFRIN, R.M., GARDNER, G.T.: Visual processing capacity and attentional control. Journal of Experimental Psychology 93(1), 72-82 (1972)

T. CHAMBEL, C. ZAHN, AND M. FINKE. Cognitively informed systems: Utilizing practical approaches to enrich information presentation and transfer, chapter Hyper video and cognition: Designing video-based hypermedia for individual learning and collaborative knowledge building. Hershey, PA, USA: Idea Group Inc, 2005.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. (2015). The new science of teaching and learning: Using the best of mind, brain, and education science in the classroom. New York, NY: Columbia University's Teachers College Press.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. (2017). Mind Brain, and Education science: An International Delphi Survey 2016-2017. Quito, Ecuador: Author. DOI: 10.13140/RG.2.2.14259.22560

UNIVERSIDADE DE WITS disponível em: <https://www.wits.ac.za/> acesso em 31 de maio 2019.

WEI & MA (2017), Influences of visual attention and reading time on children and adults Reading & Writing Quarterly, 33 (2) (2017), pp. 97-108

WIEMERS, E. A., & REDICK, T. S. (2018). Working memory capacity and intra-individual variability of proactive control. *Acta Psychologica*, 182, 21-31.

WOLPAW, J., WOLPAW, E.W., 2012. Brain–Computer Interfaces: Principles and Practice. Oxford University, <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195388855.001.0001> WORLD MEDICAL ASSOCIATION Declaration of Helsinki. Recommendations guiding physicians in biomedical research involving human subjects. *JAMA* 1997 Mar; 277:925-6.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZARO, M. A. et al. Emergência da Neuro educação: a hora e a vez da neurociência para agregar valor à pesquisa educacional. *Ciências & Cognição*, v. 15, n. 1, p. 199-210, 2010.

ZION GOLUMBIC EM, POEPPPEL D, SCHROEDER CE. Temporal Context in Speech Processing and Attentional Stream Selection: A Behavioral and Neural perspective. *Brain Lang.* 2012; 122:151–161. 2012.

ZHONGLING PI et al. Neural oscillations and learning performance vary with an instructor's gestures and visual materials in video lectures. *British Journal of Educational Technology*, 2021.

APÊNDICE A- Publicações de Artigos durante o Estudo

Publicações: Durante o processo de pesquisa, estivemos realizando alguns estudos com as tecnologias envolvidas, gerando com isso algumas publicações em Congressos, Revistas e Journals. A seguir apresentamos as publicações realizadas;

1. **BOS, ANDREIA SOLANGE; ZARO, MILTON ANTONIO ; PRESTES, LUCAS PLAUTZ ; PIZZATO, MICHELLE ; AZEVEDO, DARIO FRANCISCO GUIMARAES DE ; AVILA, FLAVIO ROCHA DE ; BATISTA, MARCELO . Students attention: The use of Brain Waves Sensors in Interactive Videos.** INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED ENGINEERING RESEARCH AND SCIENCE, v. 6, p. 155-157, 2019. Qualis A2
2. **BOS, ANDREIA S.; HERPICH, FABRÍCIO ; KUHN, IGOR ; GUARESE, RENAN L. M. ; TAROUCO, LIANE M. R. ; ZARO, MILTON A. ; PIZZATO, MICHELLE ; WIVES, LEANDRO . Educational Technology and Its Contributions in Students? Focus and Attention Regarding Augmented Reality Environments and the Use of Sensors.** JOURNAL OF EDUCATIONAL COMPUTING RESEARCH, v. 1, p. 073563311985403-1, 2019. Fator Impacto: 3.088
3. **HERPICH, FABRÍCIO ; BOS, ANDREIA ; KUHN, IGOR ; GUARESE, RENAN LUIGI MARTINS ; TAROUCO, LIANE MARGARIDA ROCKENBACH ; WIVES, LEANDRO ; ZARO, MILTON ANTÔNIO . Atividade cerebral no uso de recursos educacionais em realidade aumentada: uma análise da atenção do aprendiz.** In: XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (Brazilian Symposium on Computers in Education), 2018, Fortaleza. org. crossref. xschema. _1. Title@772293c4, 2018. p. 1858.
4. **BOS, A.S; PIZZATO, M. C; ZARO, M.A.** Experimento de medição do nível de Atenção do Estudante: o uso da Mídia Interativa como Estímulo Resposta. **RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 17, n. 3, 2019. Qualis B1 <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/99548/55688>
5. **BOS, A.S.; ZARO, M. A; PIZZATO, M.** "Investigação da Atenção do Estudante com técnicas de EEG: o uso da Realidade Virtual no Ensino". In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. 2019. p. 1397. <https://cbie.ceie-br.org/evento-mpie.html>
6. **SOLANGE BOS, ANDREIA; DONATO, L. G. ; VETTORI, M. ; ZARO, MILTON A. .** Effects of the binaural wave as a stimulus for student hyperattention: brain frequency records without interactive media context. **JOURNAL OF EDUCATIONAL COMPUTING RESEARCH**, v. 7, p. 208-213, 2020.
7. **BOS, ANDRÉIA SOLANGE; PIZZATO, MICHELLE ; VETTORI, MARCELO ; DONATO, LUCÍLIA GOMES ; SOARES, P. P. ; FAGUNDES, J. G. ; ZARO, MILTON .** Empirical Evidence during the Implementation of an Educational Chatbot with the Electroencephalogram Metric. **CREATIVE EDUCATION**, v. 11, p. 11-12, 2020.
8. **S. BOS, ANDREIA; ZARO, MILTON ANTONIO .** Comandando um Jogo com a Mente: rastreamento dos padrões neuronais. In: XXVII edição do Ciclo de Palestras sobre Novas Tecnologias na Educação (CINTED UFRGS), 2019, Porto Alegre - RS. Anais do XXVII Ciclo de Palestras sobre Novas Tecnologias na Educação. Porto Alegre-RS: UFRGS, 2019. v. V.1. p. 243-248.
9. **MJS OLIVEIRA, AS BOS (2019), FD DOS SANTOS JUNIOR, MA ZARO, JV DE LIMA** Redin-Revista Educacional Interdisciplinar 8 (1) O uso do APP inventor no aprendizado conectivo: prensa hidráulica para o ensino da Lei de Pascal
10. **VA FERREIRA, AS BOS, (2019) LMR TAROUCO, F BECKER** Operatoriedade cognitiva e experimentação virtual imersiva de Eletricidade **RENOTE** 17 (1), 375-384

11. **AS BOS**, G BERNARDI, FM MULLER, LP PRESTES, M ZARO, M PIZZATO Agentes Conversacionais: Desenvolvimento de uma Aplicação no Museu Virtual para o Ensino de Computação Brazilian Journal of Development 5 (4), 2747-2758, (2019)
12. **AS BOS**, M PIZZATO, VA FERREIRA, M SCHEIN, MA ZARO, L TAROUÇO the impact of effective communication between users in 3d collaborative virtual environments: the conversational agent uses case International Journal of Advanced Engineering Research and Science. (2019)
13. VETTORI, MARCELO ; **BOS, ANDREIA SOLANGE** ; DONATO, LUCÍLIA GOMES ; ZARO, MILTON ANTÔNIO . The use of the Socrative application to enhance student attention: electroencephalography data of attention levels. INTERNATIONAL JOURNAL FOR INNOVATION EDUCATION AND RESEARCH, v. 8, p. 86-97, 2020.
14. F HERPICH, A **BOS**, I KUHN, RLM GUARESE, LMR TAROUÇO, L WIVES, **MA ZARO** Atividade cerebral no uso de recursos educacionais em realidade aumentada: uma análise da atenção do aprendiz Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação), 2020.

CAPÍTULOS DE LIVROS PUBLICADOS

1. **SOLANGE BOS, ANDREIA**; ZARO, MILTON ANTONIO . Parâmetro da Atenção do aluno com sensores EEG: O uso da realidade virtual no ambiente escolar. In: Patricia Gonçalves de Freitas; Roger Goulart Mello. (Org.). Educação em Foco: Tecnologias Digitais e Inovação em práticas de Ensino. CDDed.Rio de Janeiro- RJ: Editora E- Publicar, 2020, v. vol 1, p. 449-455.
2. **BOS, ANDRÉIA SOLANGE**; PRESTES, LUCAS ; PIZZATO, MICHELLE ; ZARO, MILTON ANTÔNIO . VÍDEOS EDUCATIVOS: INVESTIGAÇÃO DA ATENÇÃO E O MAPEAMENTO DO APRENDIZADO ATIVO. In: Wellington Junior Jorge. (Org.). Abordagens teóricas e reflexões sobre a educação presencial a distância e corporativa. 154ed.MARINGA-PR: UNIEDUSUL, 2019, v., p. 1-.
3. PRESTES, LUCAS ; **BOS, ANDRÉIA SOLANGE** ; CASTRO, P. R. ; PIZZATO, MICHELLE ; ZARO, MILTON ANTÔNIO . AVA MOODLE, IMPLANTAÇÃO E ANÁLISE DE SUAS FERRAMENTAS APLICADAS AO ENSINO TRADICIONAL. In: Wellington Junior Jorge. (Org.). Abordagens teóricas e reflexões sobre a educação presencial a distância e corporativa. 154ed.MARINGA PR: UNIEDUSUL, 2019, v., p. 142-153.
4. **BOS, ANDREIA**; PIZZATO, MICHELLE ; PRESTES, LUCAS PLAUTZ ; ZARO, MILTON ANTONIO ; BATISTA, MARCELO ; CASTRO, P. R. . Implementation and analysis of an Intelligent Conversational: Use in a 3D Virtual Museum. In: António José Osório Maria João Gomes António Luís Valente. (Org.). Challenges 2019: Desafios da Inteligência Artificial, Artificial Intelligence Challenges. 1ªed.Braga- Portugal: Universidade do Minho, 2019, v. 1, p. 255-260.

APÊNDICE B – Figuras apresentadas acima com maior definição

Figura 9 Representação dos níveis de atenção fornecida pelo sistema

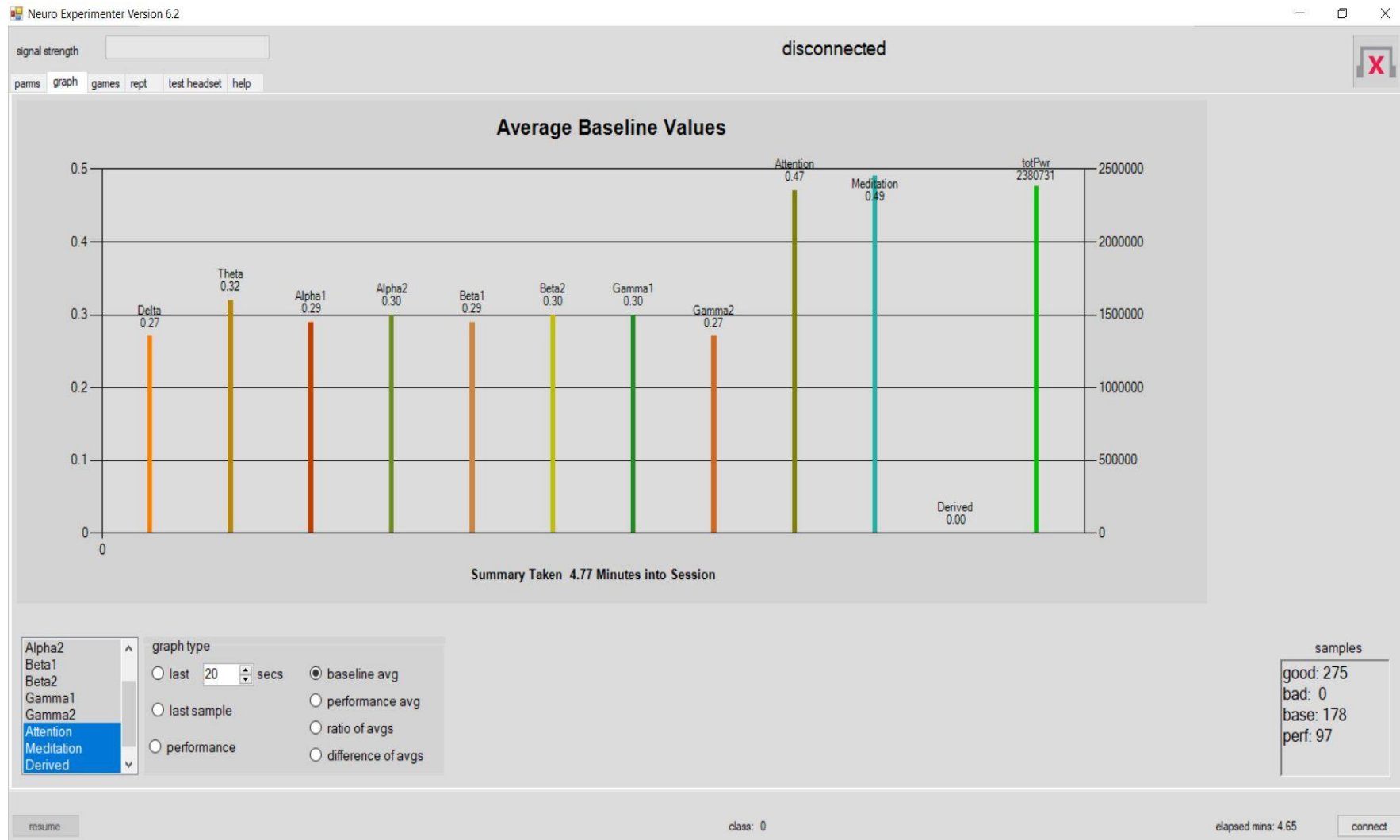


Figura 10 Representação dos níveis de ondas

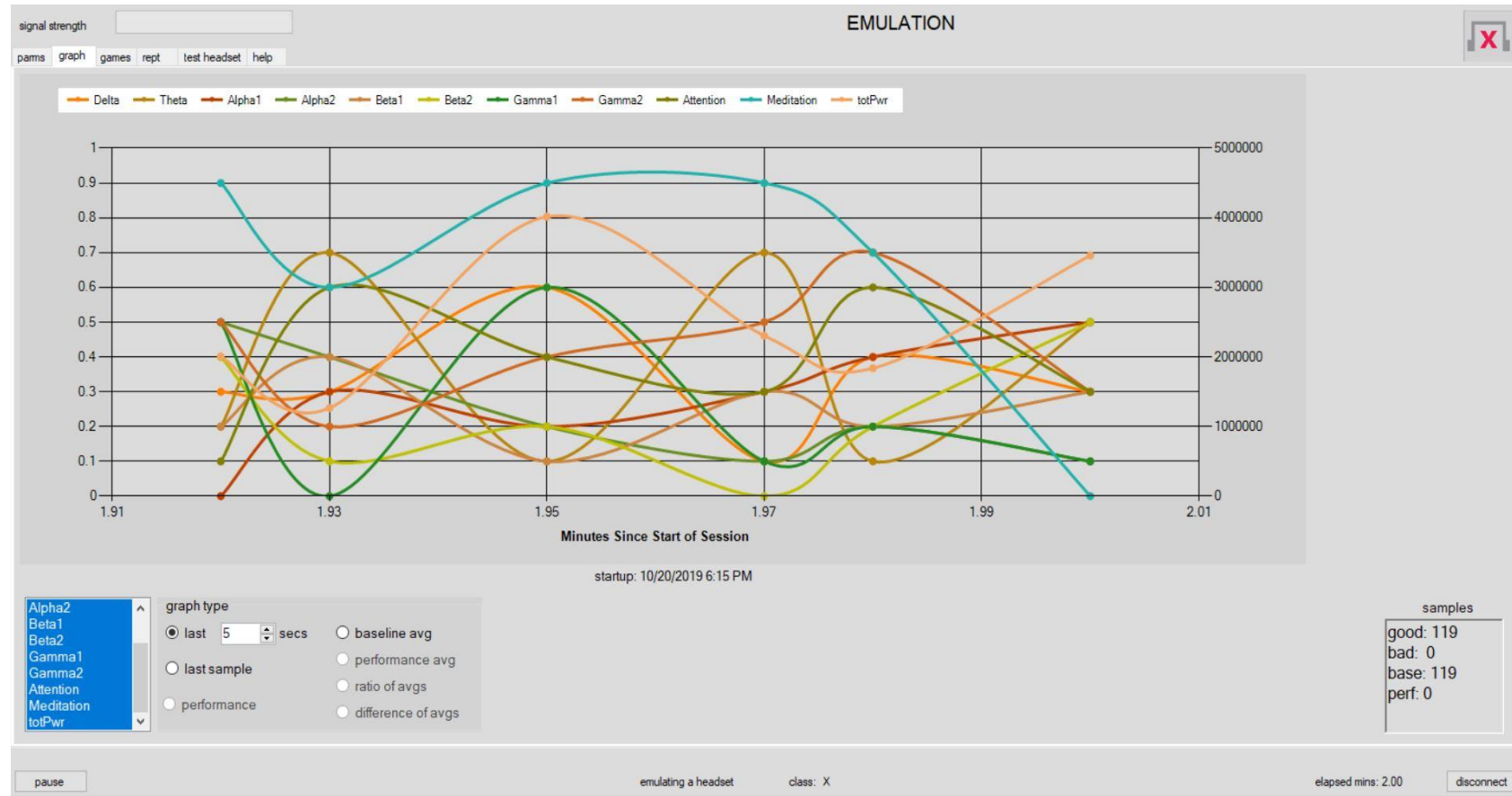


Figura 15 Website do projeto



The image shows a website layout for Andreia Solange Bos. At the top center is a circular logo with a white 'V' on a black background. Below the logo, the name 'ANDREIA SOLANGE BOS' is displayed in a light blue, sans-serif font. A horizontal navigation menu contains the links: 'Início', 'Sobre', 'Publicações', 'Entre em contato', and 'Currículo'. The main heading is 'PROJETOS DE PESQUISA' in a large, light blue font. Below this, a paragraph of text describes the research goal: 'Desvendar a complexidade e imensa interconectividade dos mecanismos do cérebro que ditam as propriedades e processos das frequências cerebrais é o objetivo principal da minha pesquisa. Com este intuito, busco adquirir uma compreensão detalhada de muitos sistemas e processos como os mesmos funcionam juntos para gerar as observações e medidas da minha experimentação. Veja alguns dos meus estudos abaixo.'

The bottom section features three images: 1) A 3D rendering of a human brain with glowing blue neural connections. 2) A photograph of a person at a computer workstation with a bar chart titled 'ENLACON' in the background. 3) A semi-circular diagram of brainwave frequencies: Delta (blue, 0-8 Hz), Theta (orange, 8-14 Hz), Alpha (green, 9-14 Hz), and Beta (yellow, 15-30 Hz). The Alpha section is labeled 'relaxação leve e criatividade' and the Beta section is labeled 'despertar e criatividade'. A chat button at the bottom right says 'Vamos conversar por chat'.